

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

AREA ACADEMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES



PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO

AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA

PARA EL CASERIO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE”

AUTORES:

BACH. CRISANTO IPARRAGUIRRE HECTOR MANUEL

BACH. PACHECO CRUZ WILLIAM. ALEXANDER

ASESOR:

Ing. OCAS INFANTE EDWIN ARNALDO

PIURA- PERU

2015

7711
CRI



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO
Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA EL CASERIO PUEBLO
LIBRE - CANCHAQUE**

Br. CRISANTO IPARRAGUIRRE HECTOR MANUEL

Ejecutor

Br. PACHECO CRUZ WILLIAM. ALEXANDER

Ejecutor

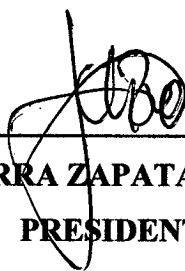
Ing. OCAS INFANTE EDWIN ARNALDO

Asesor

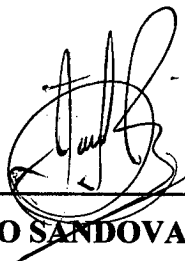
Los miembros del jurado designados para evaluar la tesis presentada por los bachilleres. CRISANTO IPARRAGUIRRE HECTOR MANUEL y PACHECO CRUZ WILLIAM. ALEXANDER, titulada:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA EL CASERIO PUEBLO LIBRE – CANCHAQUE”

Considera que la misma cumple con los requisitos exigidos para alcanzar el título de ingeniero electrónico y telecomunicaciones



ING. BARRA ZAPATA FRANKLIN
PRESIDENTE



ING. JACINTO SANDOVAL JUAN MANUEL
SECRETARIO



ING. PANDURO ALVARADO MIGUEL ÁNGEL
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis Padres, por siempre demostrarme su amor y preocupación en todas las etapas de mi vida. Porque que este logro les alegra tanto a ellos como a mí.

Pacheco Cruz William, Alexander

Con todo mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

Crisanto Iparraguirre Héctor Manuel

AGRADECIMIENTO

A dios por acompañarme todos los días de mi vida
y ser mi escudo y fortaleza

A mis padres gracias por sus consejos, enseñanza y
dedicación tanto en lo académico como en lo ético.

Gracias, infinitas gracias a nuestro tutor, el Ing.
Edwin Arnaldo Ocas Infante

A la Universidad Nacional de Piura, que con su
formación profesional y humana, nos brinda la
oportunidad de ser profesionales

Agradecerle en primer lugar a Dios por
permitirme lograr mis metas, a mis padres que
me brindaron todo su amor y apoyo
incondicional, a ti hijo mío que a pesar de
tener pocos días a mi lado te has convertido en
lo más importante en mi vida, a ti amor por
darme un hijo tan lindo que marca una nueva
etapa de nuestras vidas, a mis docentes por su
apoyo, dedicación y empeño en estos años de
estudio.

RESUMEN

La presente tesis titulada **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA EL CASERIO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE”**, la que se investigó con el fin de utilizar la tecnología que hoy en día ha avanzado mucho para llevarla al campo y ayudar en esta ardua labor agrícola y a la vez beneficiar a las familias que habitan este caserío Pueblo Libre - Canchaque

Para este sistema automatizado se aplicó la electrónica a los sistemas domóticos ya que éstos son los que permiten realizar tareas de control dentro y fuera del hogar. Este control se implementó con el Microcontrolador 16F877A que es el que realiza toda la operación de control del sistema de riego, y la programación se la realizó con el software microcodestudio plus. El sistema cuenta con 2 sensores de nivel de agua, el uno ubicado en el reservorio de irrigación y el otro en un pozo localizado a 250 m de distancia de la zona de cultivo que es donde se bombea el agua, estos controlan los niveles del reservorio y pozo, y el encendido de esta bomba es por comunicación inalámbrica, utilizando los módulos XBee pro ya que la distancia entre estos es larga.

También el sistema consta de un modem GSM ME3006, que se utilizó para generar mensajes de texto cada vez que el sistema de riego se encuentre activo y esta información sea recibida por el o los usuarios que lo requieran.

Además como parte del proyecto se utilizara transductores para poder censar la humedad del suelo, generando un valor de frecuencia por medio de la variación de la resistencia del terreno cada vez que este lo requiera (menor humedad, mayor resistencia) donde este valor de frecuencia es leído por el Microcontrolador y comparado con los datos previamente ubicados en la programación. De esta manera el sistema puede funcionar de forma automática ya que los datos de irrigación son proporcionados por el suelo.

Como control adicional el sistema puede trabajar de forma manual, de tal forma que el usuario elija por medio de un teclado que parte del terreno desea que este sea irrigado.

INTRODUCCIÓN

Desde la inserción en el manejo de medios de información, sean de voz, datos, e incluso la internet, la comunicación inalámbrica ha tenido una gran aceptación como medio de enlace entre diferentes dispositivos, como por ejemplo en Sistemas Domóticos, bajo Bluetooth, Infrarrojos, Radio Frecuencia, Wifi, etc. Su aceptación tuvo éxito por su fácil manipulación, es decir poder movilizar sin los molestos cables dentro de su distancia permitida

Con la comunicación inalámbrica y la interrelación del puerto serie y algunos dispositivos, se pudo crear el proyecto " **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA EL CASERIO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE**". El proyecto abarca lo que es la comunicación inalámbrica en la frecuencia de banda libre de 2.4Ghz con un alcance de 300 metros en línea de vista y de 30 a 50 metros sin línea de vista. El panel principal recibe datos de humedad, control de nivel, que son procesados y controlados por un Microcontrolador que a su vez envía señal al XBee para su comunicación inalámbrica al panel del pozo gobernado por otro Microcontrolador que envía a encender una bomba.

Dada la necesidad en la agricultura y sobre todo la constancia que esta conlleva a permanecer en los lugares donde se necesita un riego constante y controlado, para que los productos del agro no se dañen o lo que es peor se pierdan en su totalidad surge esta necesidad de automatizar un sector a través de un sistema de riego, el mismo que controla las diferentes áreas de sembrío las cuales poseen varios sensores que interactúan con un Microcontrolador que tomará las decisiones de riego en el caso de surgir la necesidad

Gracias a los sistemas domóticos que se encuentran al alcance de todos, ya sea en la automatización de viviendas para facilitar el trabajo en el hogar, surge esta idea del control de riego usando esta tecnología, "si la domótica es utilizada para el beneficio de las personas dentro del hogar", ésta también puede ayudar a las personas en el campo y de la misma manera facilitar y permitir no estar tan pendientes de éstos para poder realizar tareas adicionales o paralelas al mismo tiempo

INDICE GENERAL

CARÁTULA	
DEDICATORIAS	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Delimitación del problema	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación	14
1.5 Variables e indicadores	15
1.6 Metodología	15
1.6.1 Métodos	15
1.6.2 Técnicas	16
1.6.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos	16
1.7 Población y muestra	16
1.8 Descripción de la propuesta	16

1.8.1	Beneficiarios	17
1.8.2	Impacto	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Sistemas domóticos	18
2.1.1	Confort	19
2.1.2	Seguridad	19
2.1.3	Comunicaciones	20
2.1.4	Redes telemáticas	20
2.2	Introducción a la comunicación inalámbrica	23
2.3	Zigbee como tecnología inalámbrica	24
2.3.1	Estándar IEEE 802.15.4	24
2.4	Características de Zigbee	25
2.4.1	Ventajas	26
2.4.2	Desventajas	26
2.5	Arquitectura de Zigbee	27
2.6	Topología	29
2.6.1	Topología en estrella	29
2.6.2	Topología en árbol	29
2.6.3	Topología de malla	29
2.6.4	Topología punto a punto	29

2.7 Comparación de tecnologías inalámbricas	30
2.8 Zigbee en aplicaciones domóticas	31
2.8.1 Servicios que ofrece Zigbee en el área domótica	32
2.8.1.1 Ahorro energético	32
2.8.1.2 Confort	33
2.8.1.3 Seguridad	33
2.8.1.4 Comunicaciones	33
2.9 Tecnología XBee	33
2.9.1 Módulos XBee	33
2.9.2 Funcionamiento de los módulos XBee	34
2.9.3 Conexión básica	34
2.9.4 Configuración de pines del módulo XBee	35
2.9.5 Modos de operación	37
2.9.5.1 Modo recibir/transmitir	37
2.9.5.2 Modo peer-to-peer	38
2.9.5.3 Modo con coordinador	38
2.9.5.4 Modo transparente	38
2.9.5.5 Modo API	38

CAPÍTULO III

3.1 Tecnología GSM	39
3.1.1 Definición de GSM	39
3.1.2 Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM	39

3.1.3	Arquitectura de red GSM	40
3.1.4	Servicio SMS	40
3.2	Modem ME3006	41
3.2.1	Funciones e interfaces	42
3.2.2	Características técnicas	43
3.3	Los comandos AT	44
3.4	Interfaz RS-232	46
3.5	Dispositivos utilizados en el proyecto	48
3.6	Descripción de los componentes que conforman el proyecto	48
3.6.1	Microcontrolador PIC 16F877A	48
3.6.2	Características importantes	51
3.6.3	El Encapsulado	51

CAPÍTULO IV

4.1	Diseño, construcción e implementación del sistema de control de riego	
	Automático	54
4.2	Diseño por partes de la tarjeta de control	55
4.2.1	Fuente de alimentación	55
4.2.2	Interface de comunicación serial	56
4.2.3	Sistema de visualización	57
4.2.4	Teclado para el ingreso de datos	58
4.2.5	Interface para control externo con relés	59

4.3	Diseño de tarjetas de control de riego automático	60
4.4	Tarjeta de la fuente simétrica	61
4.5	Tarjeta de control de salidas de electroválvulas	62
4.6	Tarjeta de control de la bomba del pozo	62
4.7	Diseño sensor de humedad	63
4.8	Cálculo de frecuencia por resistencia del suelo	66
PRESUPUESTO		67
CONCLUSIONES		68
BIBLIOGRAFÍA		69
ANEXOS		70

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se da cuando surge la necesidad de superar las anomalías que se dan en el agro y sobre todo cuando de una u otra forma no existe un buen control de riego en áreas de difícil acceso como es en la zona del CASERIO PUEBLO LIBRE– CANCHAQUE-HUANCAMABA, donde se encuentra y se requiere la implementación de este Sistema de Riego Automático.

Tomando en consideración los estándares y códigos que se requiere para implementar este sistema de riego y a su vez mejorar las cosechas de productos de consumo masivo como es la fruta de la maracuyá en esta zona de la ciudad de Piura. Siendo beneficiados la familia HUAMAN LABAN y los vecinos de sus alrededores que comparten estos productos que son producidos en esta pequeña parcelas.

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La irrigación de un terreno agrícola ubicado en el CASERÍO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE, que se hará a partir de la implementación de un sistema de riego por aspersión, será más utilizado en el verano, ya que recordemos que en los meses de lluvia como es de Enero hasta Abril no existe mayor necesidad de riego en la plantación.

Otra limitación es el difícil acceso a este sitio donde por situaciones del mal estado de las vías (carreteras), no es posible tener una mayor frecuencia de visitas a las parcelas por parte de los dueños del lugar, por lo cual no tienen un mejor control de la irrigación del cultivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proyecto técnico, en el que se cree el diseño de un sistema de Riego Automático Tecnificado para el cultivo del fruto de la maracuyá y refleje también la descripción de los procesos de la irrigación del terreno agrícola.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar los sistemas protocolo de comunicaciones domóticos para la automatización de un sistema de riego.
- Diseñar y evaluar el funcionamiento de los sistemas de control, sensores y actuadores utilizando un Microcontrolador.
- Realizar el control de una aplicación domótica a través de mensajes SMS utilizando la tecnología GSM.
- Determinar alcances y limitaciones de la aplicación de esta red implementada

1.4 JUSTIFICACIÓN

Se desea implementar un sistema de riego muy novedoso que permita controlar con ayuda de sensores y actuadores al sistema de irrigación por sectores, a su vez comunicar su estado por medio de mensajes SMS o escritos a uno o varios teléfonos celulares además del proceso de encendido y apagado de las bombas que permiten la irrigación de los cultivos.

La necesidad de implementar este proyecto radica en que la mayoría de los sistemas de riego no son inteligentes o automatizados, y los que son presentan costos muy elevados sobre todo para una población de bajos recursos económicos como son nuestros usuarios.

Dicho Proyecto tiene como utilidad proteger el cultivo de la fruta y mejorar el riego en las plantaciones de difícil acceso, utilizando diferentes recursos como el hardware y

software diseñados para la correcta funcionabilidad en el sector implementado y aplicando los diferentes conocimientos adquiridos en la formación académica

Sin embargo en la agricultura actual con la utilización de la tecnología se ha encontrado que en los cultivos automatizados bajo este sistema permite incrementar su productividad y a la vez poder competir en mercados cada vez más exigentes.

1.5 VARIABLES E INDICADORES

1.5.1 VARIABLES

Las variables que se obtendrán en el sistema serán los valores que entreguen los diferentes sensores de humedad dentro de las diferentes áreas ubicadas en los distintos cultivos de cada zona asignada (parcela) y los sensores de nivel de agua dentro de cada uno de los reservorios.

1.5.2 INDICADORES

Los indicadores serán estados de los diferentes elementos del sistema enviados por mensajes de texto para proporcionarle al usuario información de qué bombas se encuentran encendidas de tal manera que el usuario se encuentre notificado del proceso sin estar presente en el sitio.

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 MÉTODOS

Se están utilizando el método experimental a través de la recolección de información de datos en tiempo real para el accionamiento de los sistemas y el método deductivo al obtener conclusiones para determinar los rangos de humedad necesarios para el riego del terreno.

1.6.2 TÉCNICAS

Se hace un análisis de humedad irrigando agua en diferentes puntos del terreno, así obtenemos diferentes valores de frecuencia, y se calibrara los sensores para de esta manera obtener un bajo margen de error cuando los diferentes cultivos necesiten de la irrigación de agua en la tierra.

1.6.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Hacemos uso de un Microcontrolador para el procesamiento de datos, una vez recolectados por los sensores de humedad pasan al Microcontrolador para que este realice el análisis y comparación; y así decida si los diferentes actuadores deberán ser activados para el funcionamiento del sistema de irrigación. También se hizo uso de un osciloscopio para la comparación y medición de las frecuencias proporcionados por los sensores de humedad.

1.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

Este proyecto será de gran utilidad para la población ubicada en el CASERÍO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE, ya que mediante este sistema mejorará la producción del fruto de la maracuyá que son sembrados. De esta manera se demuestra que la ingeniería y en sí, la domótica puede ser aplicada en zonas libres y abiertas.

1.8 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Se pretende realizar un sistema de riego con control inalámbrico que se ubicará en el sector del CASERÍO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE, éste será implementado y puesto en funcionamiento en un terreno irregular denominado parcela de aproximadamente 1 hectárea.

Para ello también se elaborarán algunos diseños de tarjetas electrónicas tales como:

- ✓ Tarjeta de control de riego.
- ✓ Tarjeta de fuerza.
- ✓ Tarjetas para sensor de humedad.
- ✓ Tarjetas para sensor de nivel de agua.

Las mismas servirán para el desarrollo y buen funcionamiento de todo el sistema de riego.

1.8.1 BENEFICIARIOS

La investigación de autogestión, por parte de los proponentes responsables del proyecto, ubicó como beneficiarios directos a Gente de la comunidad del sector CASERÍO PUEBLO LIBRE - CANCHAQUE, la familia HUAMAN LABAN que es la encargada de dar vida a este sector.

1.8.2 IMPACTO

Motivación de los estudiantes que ven factible que toda la experiencia adquirida en las aulas y laboratorios se ven plasmadas para el beneficio de las personas. Esto es motivante ya que la domótica siendo uno de los sistemas más completos en la electrónica es utilizado para este fin y diversificar la ingeniería para muchos ámbitos y no solo a nivel industrial.

Los habitantes de este sector también se encuentran asombrados con el desarrollo de este sistema, ya que nunca imaginaron contar con tecnología que pueda beneficiar directamente al sector, algo que pudimos notar, es el aumento del interés de la juventud que habitan en este sector en conocer sobre la electrónica, mostrando inclinación a las carreras técnicas y profesionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DOMÓTICOS

Poco a poco, más bien pronto que tarde, como suele pasar con la tecnología, la domótica será indispensable en nuestras vidas. De hecho que los avances no solo se han producido en los campos de la industria, sino también ha llegado al sector de nuestros hogares o viviendas que es el sector domótico como se muestra en la siguiente figura N° 1.

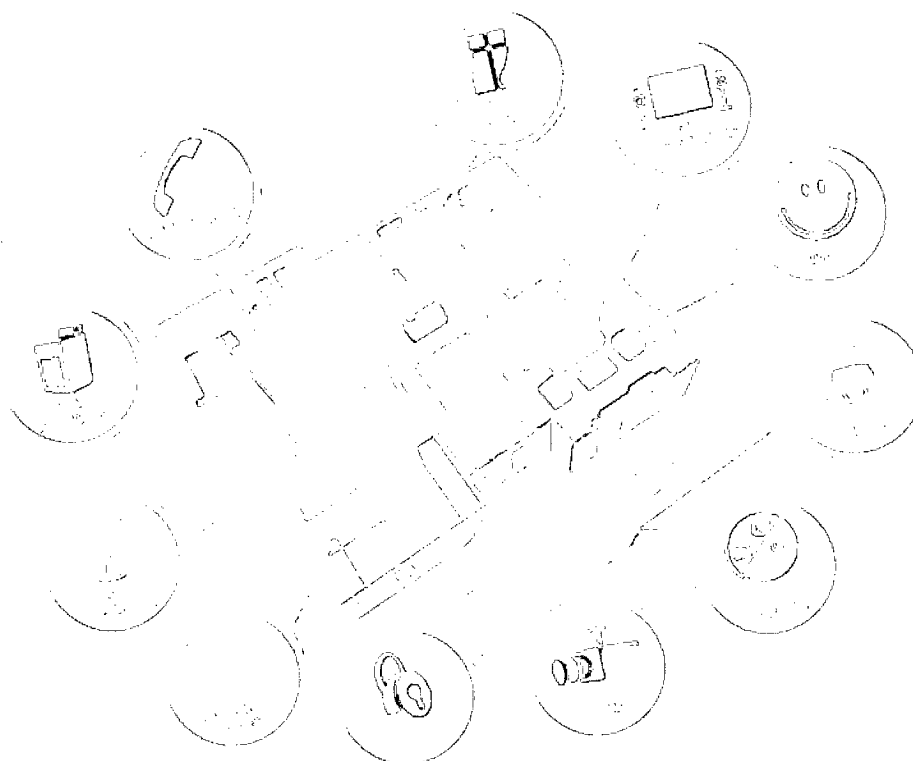


FIGURA N° 1: SISTEMA DE UN ENLACE DOMÓTICO

El término proviene del latín domus añadiéndole al final de la palabra "informática" y, según explica la propia Real Academia Española de la Lengua, es el "conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda".

Ya sea por el ahorro económico, la obligatoriedad gubernamental o por la mentalidad ecológica la verdad es que cada vez más empresas y particulares optan por los sistemas automáticos de control de los edificios y que pueden estar integrados por medio de redes

interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, con su respectivo control como se observa en la figura N° 2

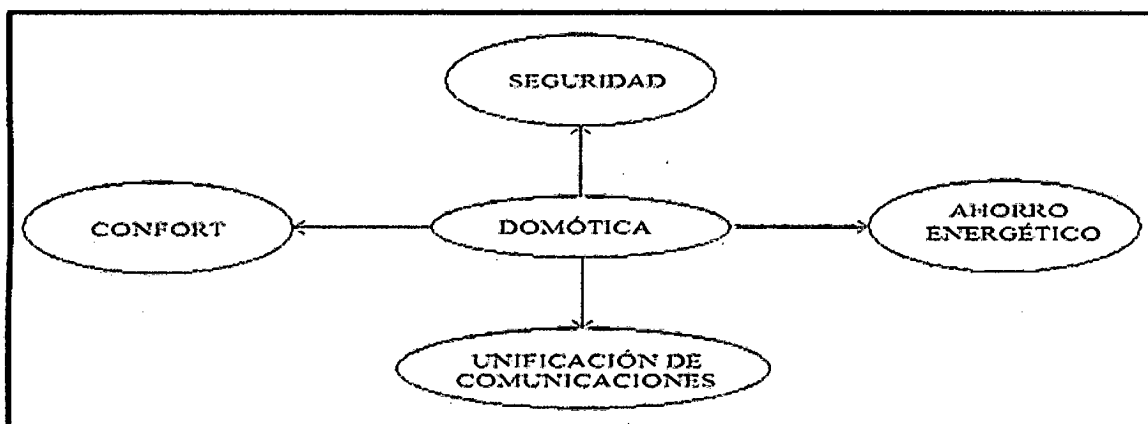


FIGURA N° 2: SISTEMAS DE CONEXIÓN DOMÓTICA, CONEXIÓN ESTRELLA

2.1.1 CONFORT

El confort es aquello que produce bienestar y comodidad ósea buena calidad de vida, a través de la automatización con el control de luces, persianas, ventanas, cortinas y enchufes cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La climatización automática tanto por calefacción como por refrigeración, riego automático cuyo encendido dependerá de la ausencia de lluvias o de sequías prolongadas, con detectores de humedad situadas en el propio terreno de siembra, con electroválvulas que se activan según el sector a ser regado, y módulos de relés de potencia para el control de agua.

2.1.2 SEGURIDAD

Las aplicaciones de seguridad contemplan tanto la seguridad de las personas como la seguridad de los bienes materiales. Hay que destacar:

El sistema anti-intrusión: existen dos tipos de sistemas anti-intrusión que son los siguientes:

- **Protección perimetral:** protege de accesos a la parcela y a la misma vivienda a través de puertas y ventanas. Principalmente se utiliza barreras infrarrojas de exterior en vallas, el jardín y ventanas y puertas; y sensores de contacto magnético de puerta/ventana y sensores de rotura de cristal.

- **Protección del interior:** protege de intrusión dentro de la misma vivienda. Se utiliza normalmente sensores de detección de movimiento con tecnologías infrarroja y ultrasónica.

2.1.3 COMUNICACIONES

Los servicios y aplicaciones de comunicaciones contemplan el intercambio de mensajes entre personas y equipos dentro del mismo hogar y desde el hogar hacia el exterior, como:

Control remoto. Que desde cualquier teléfono móvil se puede conectar con el sistema domótico para activar o desactivar los servicios deseados.

Distribución de audio y vídeo. Se puede hacer que la música de un reproductor se escuche en toda la casa o ver en la televisión la señal del vídeo-portero.

2.1.4 REDES TELEMÁTICAS

Estas redes permiten llevar a cabo una gran variedad de acciones sin moverse de casa, como la compra a distancia, realizar operaciones financieras, enviar mensajes a cualquier parte.

El sistema domótico está compuesto por tres elementos principales:

- **Sensores.-** Su misión es captar un determinado parámetro físico que define un cambio de estado de la instalación a controlar y convertirlo generalmente en una magnitud eléctrica (tensión, intensidad, etc.) y transmiten la información a la unidad de control para que actúe al modo de trabajo que se ha establecido

Existen diversos tipos de sensores según el fenómeno físico que deseemos detectar y medir, los principales son: (temperatura, humedad, nivel, caudal, etc.)

- **Actuadores.-** Son los elementos que ejecutan las órdenes emitidas por las unidades de control, actuando sobre el correspondiente equipo o terminal de servicio para modificar su estado de funcionamiento.

Por ejemplo en el caso de un motor una electroválvula.

- **Unidad de control.-** Componente principal del sistema, es la parte encargada de gestionar la información y enviar los datos necesarios hacia el actuador para resolver los problemas. Tiene las interfaces necesarias para presentar la información por (pantalla, monitor, etc.).

Características, el sistema domótico puede ser:

Descentralizado. En este tipo de arquitectura, existen más de un controlador y todos ellos interconectados mediante un sistema de bus que envía información entre ellos y cada uno actúa como un sistema centralizado en el cual cada controlador envía información a los actuadores e interfaces de acuerdo a lo registrado por los sensores para el desarrollo de una actividad. Los sensores y actuadores poseen sistemas de autocontrol que permite la interacción directa de unos con otros como muestra la figura N° 3.

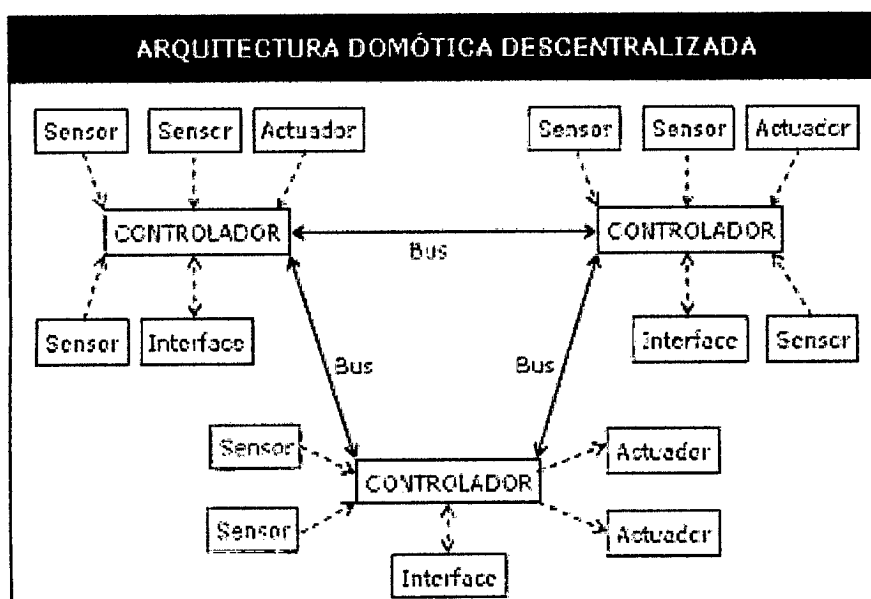


FIGURA N° 3: ARQUITECTURA DOMÓTICA DESCENTRALIZADA

Centralizado. En este tipo de arquitectura, existe un controlador centralizado que envía información a los actuadores e interfaces de acuerdo a lo registrado por los sensores o usuarios para el desarrollo de una actividad específica. En caso de faltar el controlador principal, el sistema dejaría de funcionar completamente

Para controlarlo se utiliza un módulo de control, la cual es programable y es la encargada de transformar la información que proviene de las entradas como se muestra en la figura N° 4.

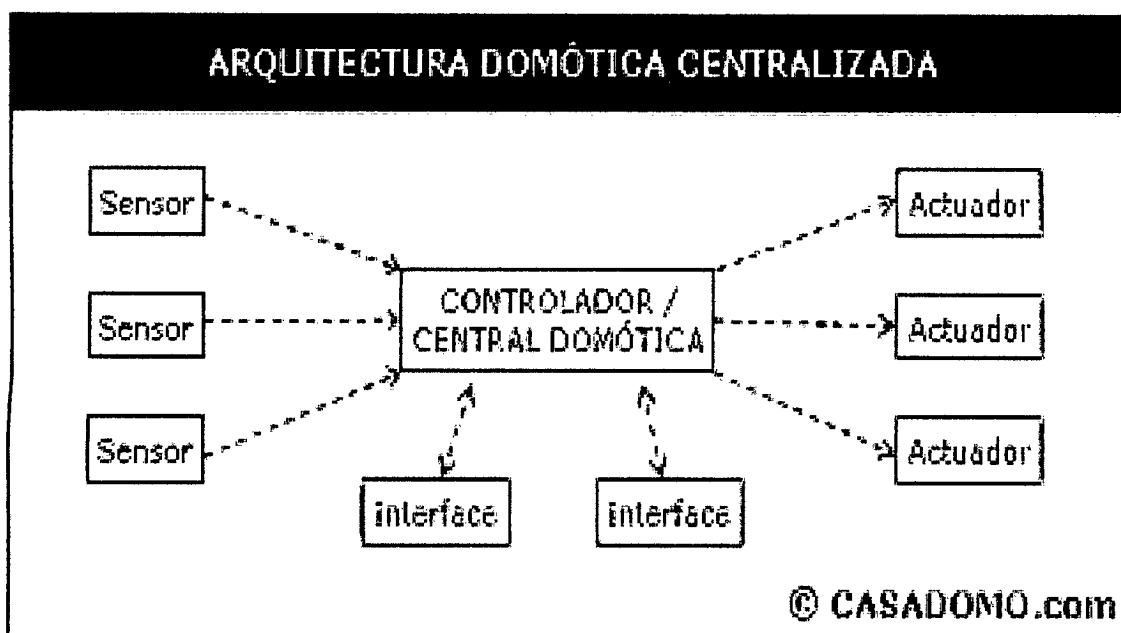


FIGURA N° 4: ARQUITECTURA DOMÓTICA CENTRALIZADA

- **Conexiones.-** Las conexiones pueden ser de dos tipos con cables e inalámbricas (sin cables) y en estos dos casos tienen una batería de respaldo en caso de fallo del suministro eléctrico.

Un sistema cableado: los sensores y actuadores están conectados mediante un cableado a la central principal de todo el sistema como se muestra en la siguiente figura N° 5.

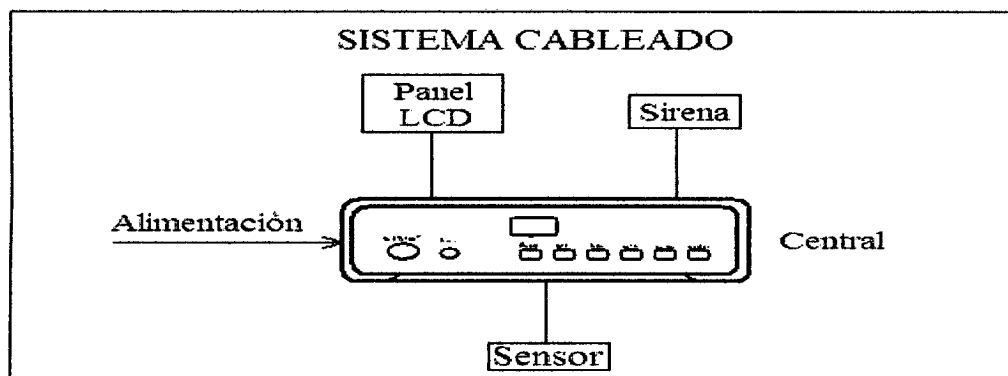


FIGURA N° 5: SISTEMA DOMÓTICO CABLEADO

Un sistema inalámbrico: los sensores son inalámbricos que transmiten vía radio la información a la central, la cual está alimentada por la red eléctrica como se muestra en la siguiente figura N° 6.

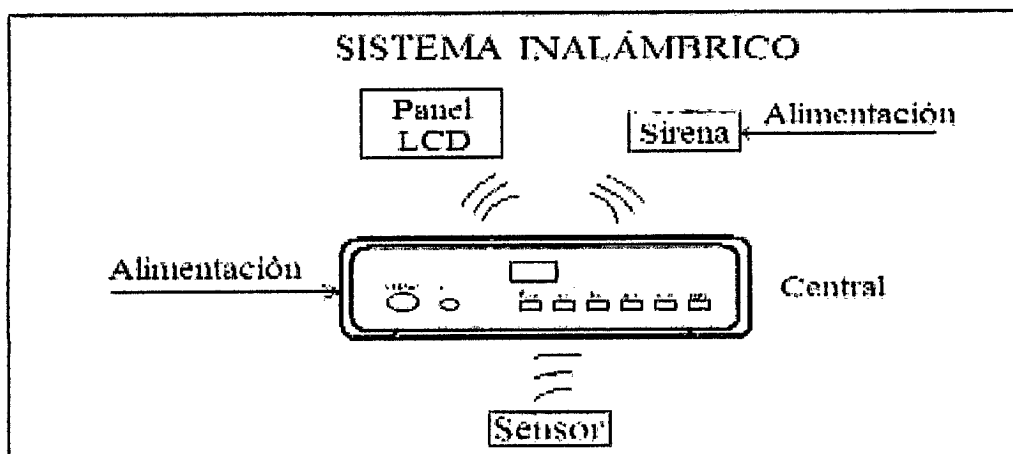


FIGURA N° 6: SISTEMA DOMÓTICO INALÁMBRICO

2.2 INTRODUCCIÓN A LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Las comunicaciones inalámbricas propagan la información en condiciones de espacio libre, por medio de ondas electromagnéticas, existen varios tipos de redes inalámbricas como se muestra en la siguiente figura N° 7.

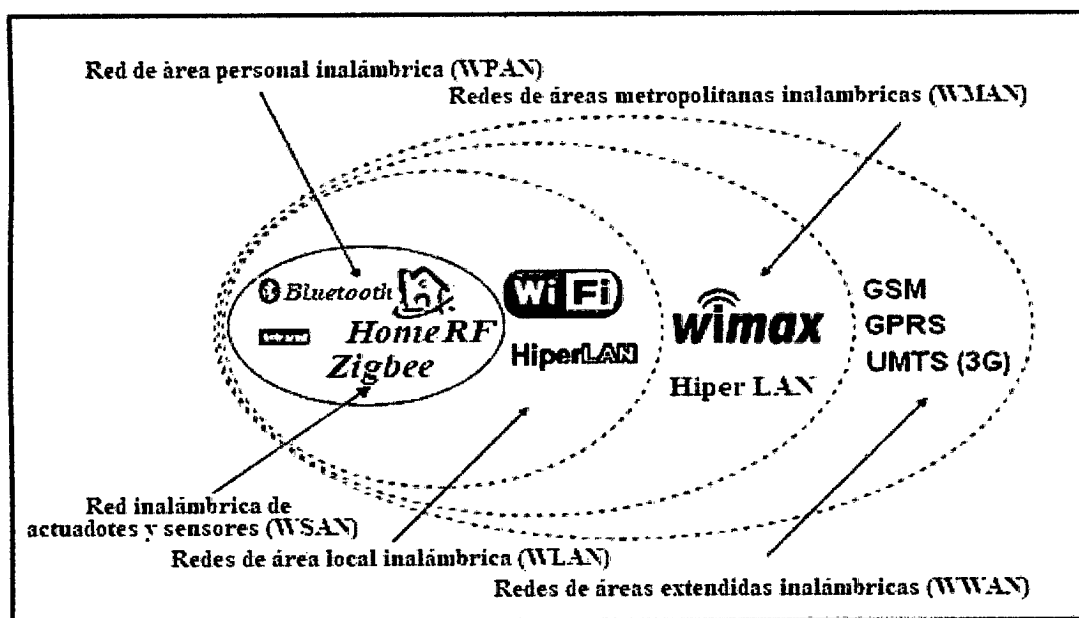


FIGURA N° 7: TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbrica que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares como (almacenes, oficinas de varios pisos, etc.) actualmente se utiliza de una manera general y accesible para todo público. Cabe también mencionar actualmente que las redes inalámbricas permiten a los dispositivos remotos conectarse sin dificultad, sin realizar cambios en la infraestructura del lugar donde se va a instalar

2.3 ZIGBEE COMO TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

El interés de mejorar la eficiencia energética puede desempeñar un papel fundamental en introducir a los consumidores el valor de las soluciones de automatización del hogar, para esto fue creado Zigbee.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

En principio, el ámbito donde se prevé que esta tecnología cobre más fuerza es en domótica, como puede verse en los documentos de la ZigBee Alliance, en las referencias bibliográficas que se dan más abajo en el documento «ZigBee y Domótica». La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

2.3.1 ESTÁNDAR IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). La actual revisión del estándar se aprobó en el 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

También es la base sobre la que se define la especificación de Zigbee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE ZIGBEE

- Zigbee utiliza las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).
- Con velocidad de transmisión de 250 Kbps a un rango de cobertura de 10 a 75 metros
- Produce alto rendimiento y baja latencia para dispositivos de bajo ciclo de trabajo, muy adecuado esto para sensores y controles.
- Baja potencia. Ideal para equipos a batería

A pesar de entenderse en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth su trabajo no se ve afectado, debido a su baja tasa de transmisión y, a características del estándar IEEE 802.15.4, como se puede observar en la siguiente figura N° 8, que muestra el espectro de Zigbee frente a otras tecnologías.

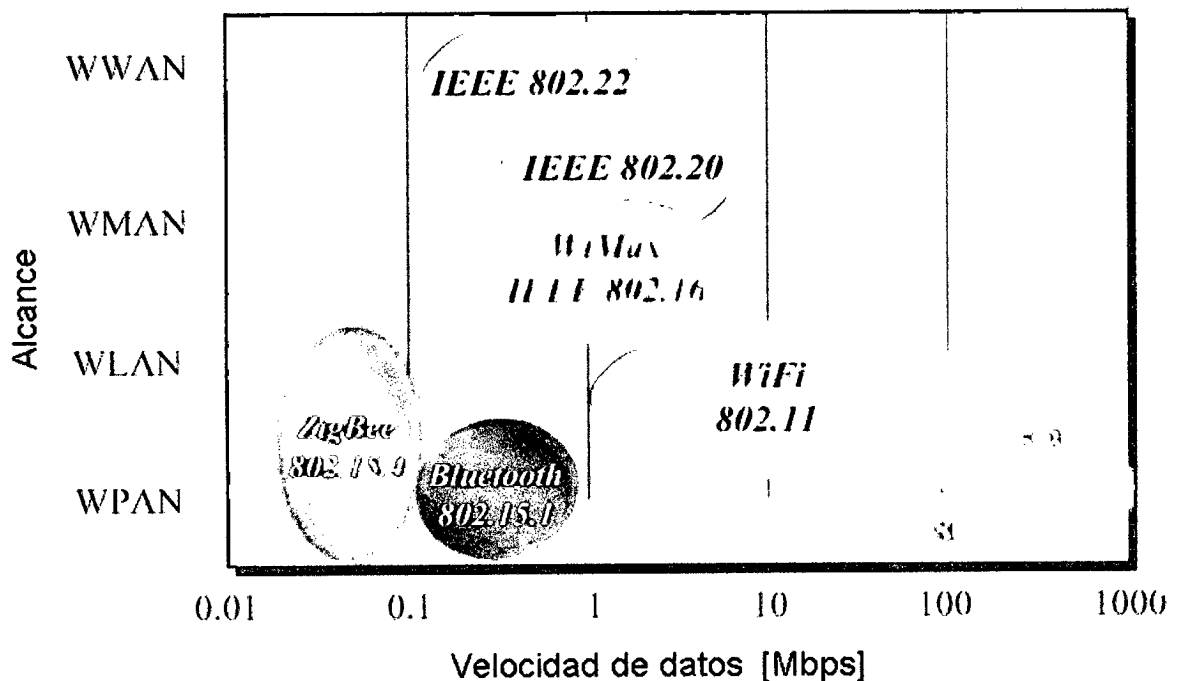


FIGURA N° 8: SISTEMA DE ZIGBEE SPECTRUM

En la fabricación del transmisor Zigbee se tienen menos circuitos analógicos de los que se necesitan habitualmente.

Existen diferentes tipos de topologías como estrella, punto a punto, malla, árbol

Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino

Cada red Zigbee tiene un identificador de red único, lo que permita que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema.

2.4.1 VENTAJAS

- Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto
- Diseñado para el direccionamiento de información y el refrescamiento de la red.
- Opera en la banda libre de ISM 2.4 Ghz para conexiones inalámbricas.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- Alojamiento de 16 bits a 64 bits de dirección extendida.
- Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.
- Detección de Energía (ED).
- Baja ciclo de trabajo - Proporciona larga duración de la batería.
- Soporte para múltiples topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.
- Hasta 65.000 nodos en una red.
- 128-bit AES de cifrado - Provee conexiones seguras entre dispositivos.
- Son más baratos y de construcción más sencilla.

2.4.2 DESVENTAJAS

- La tasa de transferencia es muy baja.
- Solo manipula textos pequeños comparados con otras tecnologías.

- Zigbee trabaja de manera que no puede ser compatible con bluetooth en todos sus aspectos porque no llegan a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos.
- Tiene menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.

2.5 ARQUITECTURA DE ZIGBEE

Zigbee estaba dirigido hacia la automatización y aplicaciones de telecontrol., fue creado dirigido a las necesidades de un mercado que buscaba aplicaciones industriales diferentes a las ofrecidas por tecnologías propietarias. Por separado el comité IEEE 802.15.4 trabajaba en un estándar de baja tasa de datos. La Alianza Zigbee y la IEEE decidieron unir fuerzas y Zigbee se convirtió en el nombre comercial para la tecnología LR-WPAN.

Zigbee es una fuente de protocolos, que de manera similar al modelo OSI está constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de las otras. En la figura N° 9, se muestran las diferentes capas que conforman la pila de protocolos para Zigbee

Aplicación / Perfil	Usuario
Soporte de Aplicación	
Red (NWK) / Seguridad (SSP)	ZigBee Alliance
MAC	
PHY	IEEE 802.15.4

FIGURA N° 9: CAPAS QUE CONFORMAN LA PILA DE PROTOCOLOS ZIGBEE

La capa que tiene más bajo nivel es la capa física (PHY), que conjuntamente con la capa de acceso al medio (MAC), ofrecen los servicios de transmisión de datos por el aire, punto a punto. Estas dos capas están descritas en el estándar IEEE 802.15.4.

La capa de red tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación. En esta capa se

brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos. Se debe tener en cuenta que el algoritmo de enrutamiento que se usa es el de enrutamiento de malla, el cual se basa en el protocolo Ad Hoc On-Demand Vector Routing – AODV.

Cuando esta capa se encuentra cumpliendo la función de unir o separar dispositivos a través del controlador de red, implementa seguridad, y encamina tramas a sus respectivos destinos; además, la capa de red del controlador de red es responsable de crear una nueva red y asignar direcciones a los dispositivos de la misma. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red que Zigbee soporta (árbol, estrella y meshnetwork).

La capa que continua es la de soporte a la aplicación que es el responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. La capa de Red y de soporte a la aplicación es definida por la Zigbee Alliance.

En el nivel conceptual más alto se encuentra la capa de aplicación que no es otra cosa que la aplicación misma y de la que se encargan los fabricantes. Es en esta capa donde se encuentran los ZDO (ZigbeeDeviceObjects) que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si el actuará como coordinador, ruteador o dispositivo final; la subcapa APS y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interface de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores. Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos:

Módulo de seguridad, que es quien provee los servicios para cifrar y autentificar los paquetes, y el Módulo de administración del 35 dispositivo Zigbee, que es quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.

2.6 TOPOLOGÍA

Zigbee permite las siguientes topologías de red:

2.6.1 Topología estrella.- todos los dispositivos en la red sólo pueden comunicarse con el coordinador PAN. Un caso típico en la formación de una red en estrella es que un dispositivo FFD programado para ser un coordinador PAN se activa y comienza a establecer su red.

2.6.2 Topología punto a punto.- cada dispositivo puede comunicarse directamente con cualquier otro dispositivo, si estos se encuentran lo suficientemente cerca como para establecer un vínculo de comunicación con éxito. Cualquier dispositivo FFD en una red de punto a punto puede tomar el papel de coordinador PAN, una forma de decidir cuál dispositivo será el coordinador PAN es tomar el primer dispositivo FFD que empiece una comunicación como coordinador PAN.

2.6.3 Topología malla.- Una red punto a punto puede tomar diferente formas mediante la definición de las restricciones de los dispositivos que pueden comunicarse entre sí. Si no hay ninguna restricción, la red punto a punto es conocida como una topología de malla.

2.6.4 Topología árbol.- Otra forma de red punto a punto que ZigBee soporta es una topología de árbol. En este caso, un coordinador de ZigBee (coordinador del PAN), establece la red inicial. Los routers ZigBee son los encargados de formar las ramas y transmitir los mensajes.

2.7 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

	WI-FI	BLUETOOTH	ZIGBEE
Banda de Frecuencias	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
Tamaño de Pila	~ 1Mb	~ 1Mb	~ 20kb
Tasa de Transferencia	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
Números de Canales	11 - - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
Tipos de Datos	Digital	Digital, Audio	Digital (Texto)
Rango de Nodos Internos	100m	10m - 100m	10m - 100m
Número de Dispositivos	32	8	255 / 65535
Requisitos de Alimentación	Media – Horas de Batería	Media – Horas de Batería	Muy Baja – Años de Batería
Introducción al mercado	Alta	Media	Baja
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, Punto a Punto y malla
Mejoras de Aplicación	Edificio con Internet Adentro	Computadora y Teléfonos	Control de Bajo Costo y Monitoreo
Consumo de Potencia	400ma transmitiendo 20ma en reposo	40ma transmitiendo 0.2ma en reposo	30ma transmitiendo 3ma en reposo
Precio	Costoso	Accesible	Bajo
Complejidad	Complejo	Complejo	Simple

TABLA N° 1: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

2.8 ZIGBEE EN APLICACIONES DOMÓTICAS

Como todos sabemos, el campo en el que claramente ZigBee se ha impuesto como tecnología dominante es la domótica, ya que cubre fielmente las necesidades de esta. Pero ZigBee está presente a día de hoy en muchas más tecnologías habiéndose desarrollado aplicaciones en campo están variados como la medicina, la seguridad o la agricultura.

En esta figura mostramos los grupos principales de aplicaciones que están en la mira de ZigBee.

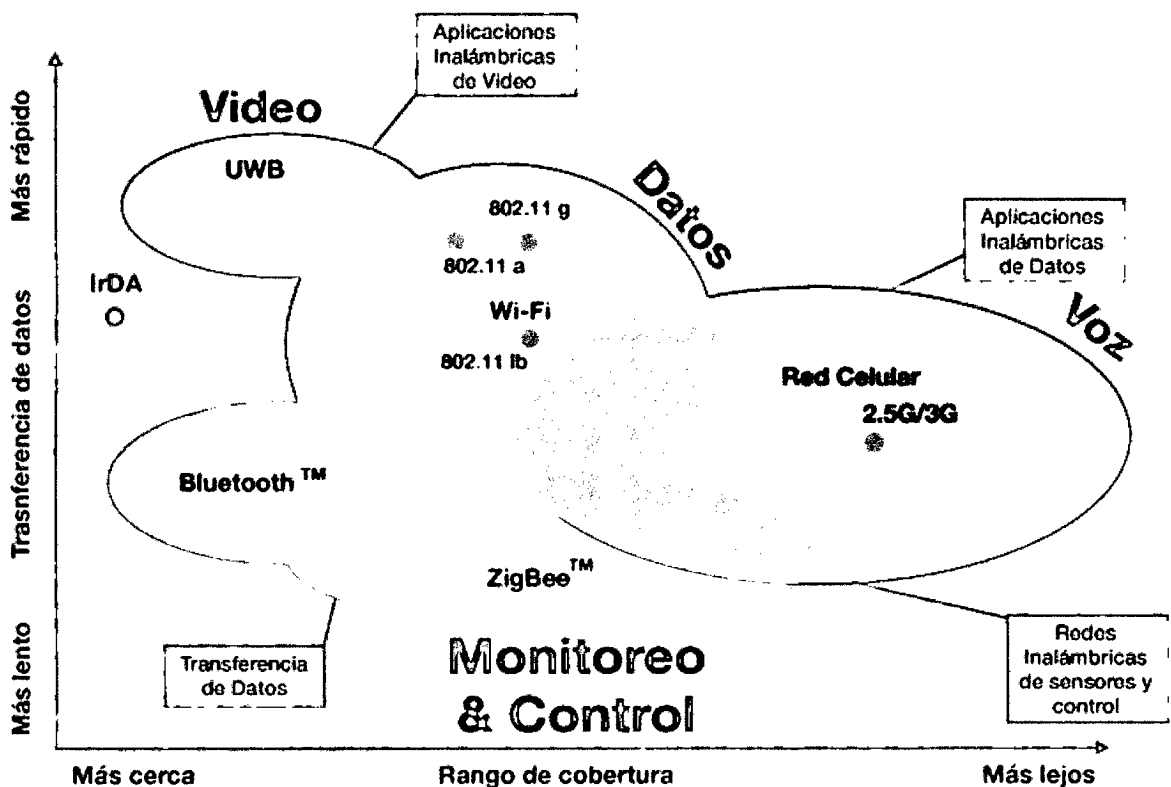


Figura 10

PRINCIPALES GRUPOS DE APLICACIONES QUE ESTÁN EN LA MIRA DE ZIGBEE

Las reglas de los Zigbee están definidas para su uso en aplicaciones embebidas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pretende su uso en aplicaciones de propósito general como se muestra en la figura N° 10, con características auto organizativas y bajo coste. Merece utilizarse para realizar control

industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, ejercer labores de detección de humo y en el área de la domótica.

Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.

Zigbee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- **Control de accesos.** Mantiene una lista de los dispositivos “comprobados” en la red.
- **Datos Encriptados.** Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- **Integración de tramas** para la protección de datos de ser modificados por otros.
- **Secuencias de refresco,** para comprobar que las tramas no han sido reemplazadas por otras.
- **El controlador de red.** Comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

Depende del dispositivo final que realicemos será nuestra decisión el asignarle de más o menos seguridad.

2.8.1 SERVICIOS QUE OFRECE ZIGBEE EN EL ÁREA DOMÓTICA

2.8.1.1 AHORRO ENERGÉTICO

- Climatización: programación y zonificación
- Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado (reduce la potencia contratada)
- Gestión de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.
- Utilización de energías renovables

2.8.1.2 CONFORT

- Apagado general de todas las luces de la vivienda.
- Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
- Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
- Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
- Integración del video portero al teléfono móvil o al televisor.

2.8.1.3 SEGURIDAD(PROTECCIÓN PATRIMONIAL)

- Simulación de presencia.
- Detección de contactos de incendio, fugas de gas, escapes de agua.
- Alerta médica
- Control de la alarma
- Cerramiento de persianas puntual y seguro.
- Acceso a Cámaras IP

2.8.1.4 COMUNICACIONES

- Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos (p.ej. PDA con WiFi).
- Transmisión de alarmas.
- Intercomunicaciones.

2.9 TECNOLOGÍA XBee

2.9.1 MÓDULOS XBee

Son dispositivos de radio frecuencia que trabajan con banda de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4 fabricados por MAXSTREAM, viene en una especie de chip, están compuestos por un Microcontrolador, un emisor y un receptor de RF, con una alimentación de 3.3v.

2.9.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS XBee

Los dispositivos Xbee fueron diseñados para ser montados en un zócalo, sin requerimiento de soldadura como se indica en la siguiente figura N° 11. Se dispone de dos hileras de 10 pines separadas entre ellas por 22 mm. La separación entre pines es de 2mm.

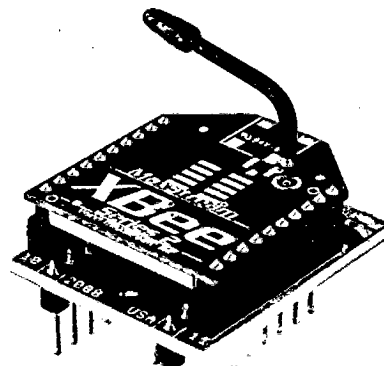


FIGURA N° 11: ZÓCALO DEMOSTRATIVO PARA DISPOSITIVO XBEE

2.9.3 CONEXIÓN BÁSICA

El dispositivo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.3 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) (TXD y RXD) para comunicarse con un Microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje, como muestra la figura N° 12.

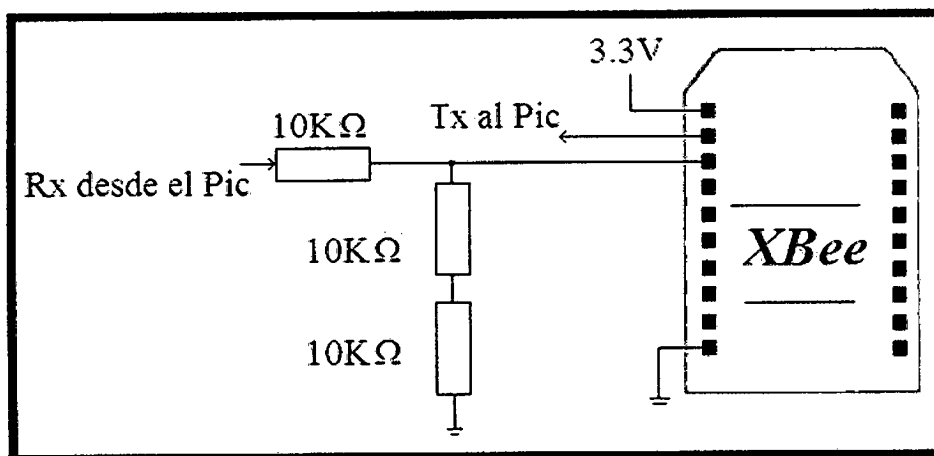


FIGURA N° 12: CONEXIONES REQUERIDAS PARA UN DISPOSITIVO XBEE

2.9.4 CONFIGURACIÓN DE PINES DEL MÓDULO XBee

En la siguiente figura N° 13, se muestra un Diagrama del dispositivo XBee de Vista superior para facilitar la ubicación de los pines.



Diagrama de pines del módulo Xbee. Vista Superior.

FIGURA N° 13: DIAGRAMA DE PINES DEL DISPOSITIVO XBEE, VISTA SUPERIOR

DETALLE DE LOS PINES DEL MÓDULO XBee

Pin	Nombre	Dirección	Descripción
1	Vcc		Alimentación
2	Dout	Salida	Salida UART
3	Din	Entrada	Entrada UART
4	DO8	E/S	Entrada- Salida Digital E/S
5	Entrada	Módulo de reinicio	
6	PWM0 / RSSI	E/S	PWM Salida /Indicador de la intensidad de señal recibida Digital E / S

7	PWM1	E/S	Digital E / S
8	Reservado		No conectar
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	E/S	Pin Sleep Control Line o Digital E/S
10	GND		tierra
11	DIO4	E/S	Digital E/S 4
12	DIO7	E/S	Control de flujo Clear – to Send o Digital E/S 7, CTS si se encuentra habilitado este es una salida
13	ON / SLEEP	Salida	Indicador del estado del módulo o Digital E/S 9
14	Vref	Entrada	No se utiliza en este módulo Por compatibilidad con otros módulos XBee se recomienda conectar este pin a un voltaje
15	Asociado/DIO5	E/S	Indicador asociado, Digital E/S 5
16	DIO6	E/S	Control de flujo Request-to-Sent Digital E/S Si se encuentra habilitado este es una entrada
17	AD3/DIO3	E/S	Entrada analógica 3 o Digital E/S 3
18	AD2/DIO2	E/S	Entrada analógica 2 o Digital E/S 2
19	AD1/DIO1	E/S	Entrada analógica 1 o Digital E/S 1
20	AD0/DIO0	E/S	Entrada analógica 0 o Digital E/S 0. Botón de puesto en servicio

TABLA N° 2: DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL DISPOSITIVO XBee

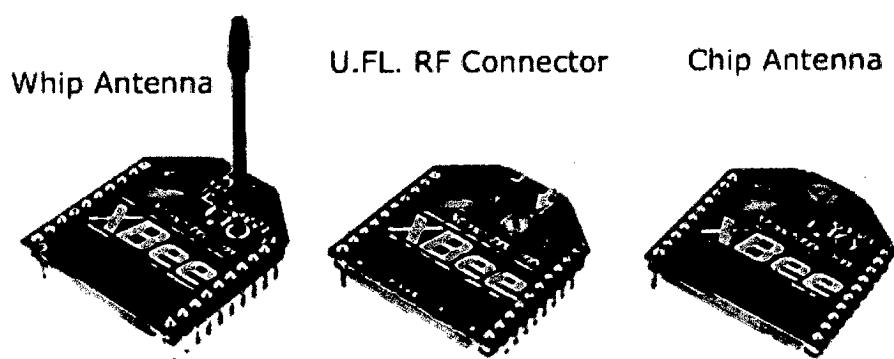


FIGURA N° 14: MÓDULOS XBEE

Los Dispositivos Xbee que muestra la figura N° 14, utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 mejor conocido como Zigbee. Protocolo creado para implementar redes de sensores. El

objetivo es generar redes tipo MESH que tengan las propiedades de auto-recuperación y bajo consumo de energía.

Dimensiones:

- Ancho: 24.38 mm
- Largo: 32.94mm
- Alto de antena: 25 mm

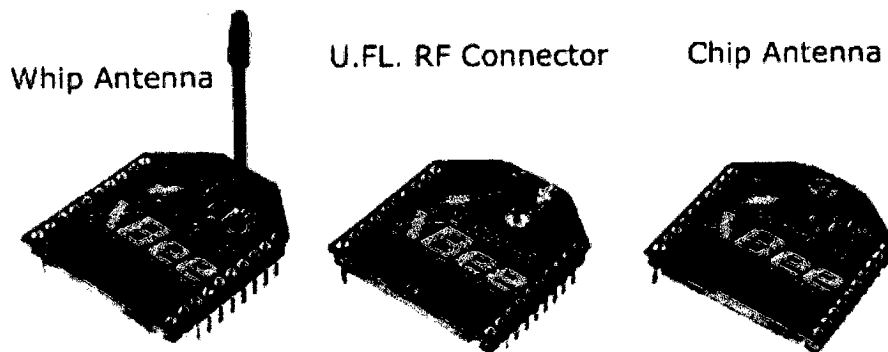


FIGURA N° 15: MÓDULOS XBee PRO

Los Dispositivos XBee PRO que se indican en la figura N° 15, permiten acoples seriales de señales TTL en distancias de 30 metros en interiores, 100 metros en exteriores con línea de vista y hasta 1.5 km

2.9.5 MODOS DE OPERACIÓN

El funcionamiento estándar permite operar fundamentalmente en los siguientes modos:

2.9.5.1 MODO RECIBIR/TRANSMITIR

Se encuentra en este modo cuando al dispositivo le llega algún paquete RF a través de la antena (modo Receiver) o cuando se manda información serial al buffer del pin 3 (UART Data in) que luego será transferida (modo Transmit).

La información transferida puede ser Directa o Indirecta:

Para el modo directo la información se envía inmediatamente a la dirección de destino mientras que para el modo Indirecto la información es retenida durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita.

Además es posible enviar información por Unicast y Broadcast. Para el primer modo la comunicación es desde un punto a otro, y es el único modo que permite respuesta de quien recibe el paquete RF, es decir, quien recibe debe enviar un ACK (acknowledgement) (paquete llamado así, y que indica que recibió el paquete, el usuario no puede verlo, es interno de los dispositivos) a la dirección de origen. Quien envió el paquete, espera recibir un ACK, en caso de que no le llegue, reenviará el paquete hasta 3 veces o hasta que reciba el ACK. En el modo Broadcast la comunicación es entre un nodo y a todos los nodos de la red. En esta condición, no hay confirmación por ACK.

2.9.5.2 MODO PEER-TO-PEER

Cada dispositivo habla con cualquier otro dispositivo, emitiendo broadcasts o direccionando un dispositivo remoto. Esto requiere que todos los dispositivos tengan su receptor continuamente encendido, dado que cualquiera puede recibir un mensaje en cualquier instante, pero permite mantener mensajes entre todos los dispositivos

2.9.5.3 MODO CON COORDINADOR

Uno de los dispositivos se configura para el rol de ordenador y está siempre alerta, logrando los remotos permanecer modalidad de bajo consumo por un tiempo determinado, el que se calcula para minimizar el gasto. Todas las comunicaciones de los remotos son hacia el coordinador. Éste, puede almacenar hasta dos mensajes para un remoto, hasta que este último, al reanudarse al funcionamiento normal, interroga al coordinador si tiene algún mensaje para él.

2.9.5.4 MODO TRANSPARENTE

El arreglo en este modo se la realiza mediante comandos AT.

2.9.5.5 MODO API

(Application Programming Interface). En este modo no existe modo datos, ni modo comando, se utiliza una regla para establecer la comunicación.

CAPÍTULO III

3.1 TECNOLOGÍA GSM

3.1.1 DEFINICIÓN DE GSM

Ésta comunicación (GSM, proviene de "*Groupe Speciale Mobile*") es un grupo especial móvil, para una comunicación mediante teléfonos inalámbricos con incorporación tecnológica digital. Siendo el medio digital el cliente de GSM puede conectarse a través del teléfono con su ordenador además puede enviar y recibir mensajes por email, faxes, navegar por internet, acceder a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como valerse de otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo sms (Servicio de Mensajes Cortos) o mensajes de texto

3.1.2 ARQUITECTURA DE LA RED DE TELEFONÍA MÓVIL GSM

La arquitectura del sistema GSM se compone de tres equipos o subsistemas que abarcan el conjunto de entidades del sistema. Cada uno de estos subsistemas desempeña funciones señaladas para poder ofrecer el servicio de telefonía móvil al usuario e interactuar con otras redes, ver figura N° 16

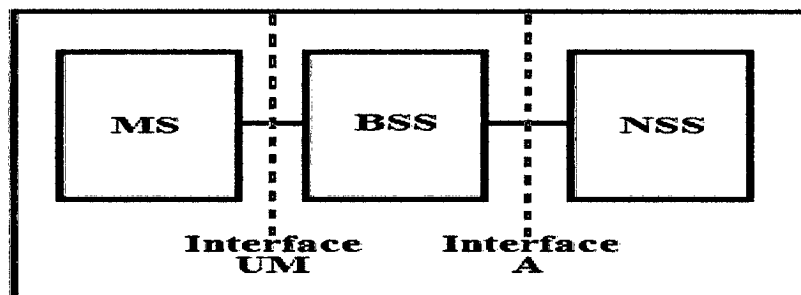


FIGURA N° 16: ARQUITECTURA DE RED GSM

Los tres subsistemas son:

- NSS (Subsistema de red y comunicación): formado de MSC, AUC y V/HLR.
- BSS (Subsistema de estación base): formado por BSS y BSC.
- MS (Estación móvil).

3.1.3 ARQUITECTURA DE RED GSM

Los subsistemas se intercomunican entre ellos a través de diferentes interfaces mediante protocolos de señalización específicos. La comunicación entre el conjunto móvil y la estación base se realiza mediante el “interface Aire” o “interface Radio” (Um). También existe la interface A que es la encargada de la comunicación entre el subsistema de estación base y el subsistema de red.

En la Figura N° 17 se muestra de manera resumida la arquitectura de la red GMS.

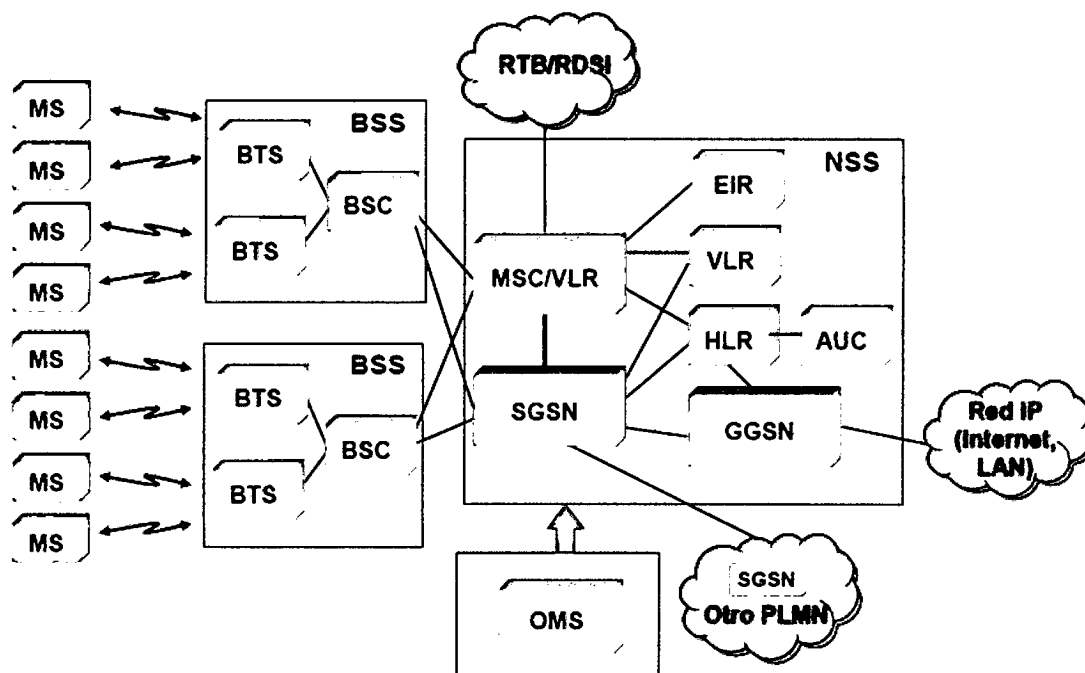


FIGURA N° 17 ARQUITECTURA DE RED GSM

3.1.4 SERVICIO SMS

La prestación de mensajes cortos o SMS (*Short Message Service*) está disponible en los teléfonos móviles que reconoce el envío de mensajes cortos, entre teléfonos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano. SMS fue creado originalmente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, y en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G (tercera generación).

Un mensaje SMS es una cadena alfanumérica de hasta 160 caracteres de 7 bits. En principio, se emplean para enviar y recibir mensajes de texto normal, pero existen extensiones del protocolo básico que permiten incluir otros tipos de contenido, dar formato a los mensajes o encadenar varios mensajes de texto para permitir mayor

longitud (formatos de SMS con imagen, tonos IMY, estándar EMS para dar formato al texto e incluir imágenes y sonidos de pequeño tamaño).

El servicio SMS permite trasladar un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC).

El servicio final brindado es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). El sujeto puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambos abonados son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio (o realizar alguna votación, sobre todo en concursos de TV), un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones (o anota los votos).

El servicio SMS se divide en dos actividades comerciales básicas:

- **SM MT (*Short Message Mobile Terminated Point-to-Point*)**. Servicio entrega de mensaje desde el SC (centro de servicio) hasta una MS (estación móvil), obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.
- **SM MO (*Short Message Mobile Originated Point-to-Point*)**. Servicio envío de mensaje desde un MS hasta un SC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

3.2 MODEM ME3006

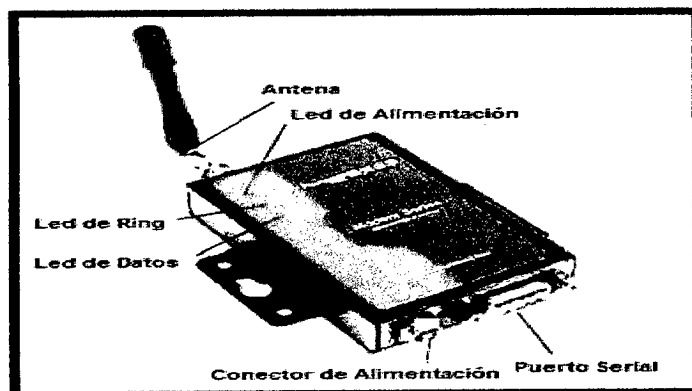


FIGURA Nº 18: MODEM ME 3006 DE LA CORPORACIÓN ZTE

Los modems provisto por corporación ZTE es programada por comandos AT, que es la comunicación con dispositivos externos (Ver figura N° 17). Los comandos AT son usados de acuerdo a las aplicaciones del estándar GSM de voz y mensajes cortos. Existen también comandos AT exclusivos para el modem 3006 de ZTE.

Los modems GSM se comportan de forma muy parecida a un modem normal, permitiendo el intercambio de datos con otros modems y utilizándose los comandos AT originales, además tienen otras características.

Se asemejan a los teléfonos móviles, incluyen su propia tarjeta SIM para poder funcionar, agilitan la base de datos de teléfonos a la lista de los mensajes SMS recibidos, enviar mensajes SMS, configurar otros parámetros, etc.

Un patrón para reconocer los modems se basa en los comandos AT HAYES, conocido como comando AT. El modem, antes de efectuar una conexión con otro modem, se encuentra en modo comando.

Aquí podemos configurar y controlar el modem usando los comandos AT. Establecida la conexión con un modem remoto, modo comando al modo conexión, por lo que la información que le llega al modem por el puerto serial es ya la información a transmitir. Terminada la conexión el modem regresa al modo comando.

3.2.1 FUNCIONES E INTERFACES

Las funciones básicas del módulo son:

- Soporta cuatro bandas: GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900 Soporta paquete de servicio de datos
- Soporta servicio de mensajes
- Soporta estándar de comandos AT y comandos AT extendidos
- Soporta estándar interface UART
- Soporta protocolos TCP/IP 10

3.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diseño industrial con capacidades de software inteligente, por lo que es fiable en soluciones celulares para la recolección de datos y transmisión.
- Plug-and-play, con la interfaz de software fácil de usar para una fácil integración
- Tiene Reloj en Tiempo Real (RTC)
- Control y monitoreo de datos remotamente
- Fiable conectividad de red GSM, proporcionando un rápido y amplio rango de comunicación inalámbrica
- Configuración local y remota

TENEMOS LA SIGUIENTE TABLA:

Nombre	Banda de frecuencias Tx (MHz)	Banda de frecuencias Rx (MHz)
GSM 850	824 - 849 MHz	869 - 894 MHz
ECSM 900	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz
DCS 1800	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz
PCS 1900	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz

TABLA N° 3: TABLA DE FRECUENCIAS DE REDES GSM

CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE

Especificación	Características
Antena	50 dBi, conector SMA
Puerto Serial	DB9(RS-232)
Led	Power - Ring - Data
UIM/SIM	1.8V/3V

CARACTERÍSTICAS DE ENERGÍA

Especificación	Características
Fuente de energía	DC5V-25V, recomendado 9V a 1 A
Consumo de Energía	Peek: 2.5 mA a 9VDC Comunicación: 300mA a 9VDC Sleep: 3.5mA a 9VDC

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Especificación	Características
Temperatura	Temperatura de trabajo: -20 – 55 Temperatura de almacenamiento: -25 - 70
Humedad	95% Máximo (sin condensación)
Dimensiones	Item (L x B x H): 75 mm x 50mm x 16mm Empaquetado (L x B x H): 260 mm x 190mm x 65mm
Peso	Ítem: 200 g Empaquetado: 2 lb

FUNCIONAMIENTO DE LOS LED DEL MODEM MG3006

	Led Alimentación	Led Ring	Led Datos
Puesta en marcha	Encendido 3s intermitente 0,5s parpadea 0.5s encendido 0.5s	Parpadea	Encendido 0.5s
Inicio de sesión de Red	Intermitente	Parpadea	Intermitente
Estado de no trabajo	Encendido 3s	Parpadea	Parpadea
Datos transferidos	Encendido 3s parpadea 0.5s	Parpadea	Intermitente
Datos no transferidos	Encendido 0.5s, parpadea 0.5s Encendido 1s.	Parpadea	Parpadea

TABLA N° 4: ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DEL MODEM MG3006

3.3 LOS COMANDOS AT

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM

Los comandos AT son usados como un tipo de interface, sus valores de respuesta y formatos tienen mucha diversidad y se divide los comandos en cuatro tipos:

- **Comando sin parámetro:** Es un tipo de parámetro simple. Su formato es:
AT [+|&] <comando> Ejemplo: AT+CSQ

- **Comando de pregunta:** Es un comando utilizado cuando se requiere el actual valor que presenta el modem. Su formato es:
AT [+|&] <comando>? Ejemplo.: AT+CNMI?
- **Comando de ayuda:** Comando usado para mostrar los posibles parámetros a escoger. Su formato es:
AT [+|&] <comando>=?
Ejemplo: AT+CMGL=?
- **Comando con parámetro:** Comando usado cuando tenemos una gran flexibilidad de criterios a elegir. Su formato es:
AT [+|&] <command>=<par1>, <par2>, <par3>...
Los valores de respuesta de este comando atienden a características específicas por ejemplo:
AT+CNMI = 1, 2, 0, 0, 0

Comando usado para setear parámetros de un SMS

AT+CNMI=<mode>, <mt>, <bm>, <ds>, <bfr>

Mode.- controla la posición del código del mensaje recibido.
Sabe tomar los siguientes valores

- 0: Éste código de mensaje es almacenado en TA (Terminal Adapter), estando lleno el dato lo almacena en otro lugar o será borrado y reemplazado por el último código recibido
- 1: La conexión entre el TA-TE (Terminal Equipment) es continua, anula el código del mensaje almacenado y ubica el nuevo código recibido. En distintos casos, simplemente muestra el código en el terminal
- 2: La conexión entre el TA-TE es permanente, el mensaje será almacenado en TA; mientras se libera la conexión, muestra el código del mensaje en el terminal. En diferentes casos, muestra el código en el terminal
- 3: Revela directamente el código en el terminal

Mt.- crea el formato del carácter del mensaje. El valor por defecto es 1. Puede tomar las siguientes numeraciones:

- 0: Sin revelar el formato del mensaje nuevo. El mensaje no será guardado
- 1: Diferente código de mensaje en formato MT, <índex>. El mensaje será guardado y no visualizado

- 2: Diferente código de mensaje en formato modo texto. El mensaje se mostrará directamente y no se guardará

Bm.- Método que indica cuando el mensaje llega. Toma los siguientes valores:

- 0: No envía salida al terminal en modo broadcast (CBM).
- 2: Envía al terminal a mostrar cuando la nueva transmisión ha llegado.

Ds.- Revela el estado del mensaje que está exportado

- 0: Revela estado del mensaje no enviado

Bfr.- Toma los siguientes valores:

- 0: Lo que está almacenado en TA será enviado al TE
- 1: Es borrado el código del comando almacenado en TA

Una vez hecho este análisis tenemos que el comando:

$AT+CNMI = 1, 2, 0, 0, 0$

Es un comando que da formato al mensaje que no almacena los códigos de los mensajes recibidos sino que conforme llegan los borra y coloca el nuevo mensaje recibido (1); permite visualizar directamente el mensaje pero sin guardarlo (2); no envía salida en modo broadcast al terminal (0), reporta si el mensaje no fue enviado (0); y el código almacenado en TA se envía a TE (0).

3.4 INTERFAZ RS-232

En la comunicación entre el Microcontrolador con el modem es necesario de una interfaz para la transmisión y recepción de datos entre ellos.

El RS232 en un conector con nueve pines DB9. Cada pin puede tener una función específica, en nuestro caso se indica en la figura N° 18 (Macho) y N° 19 (Hembra)

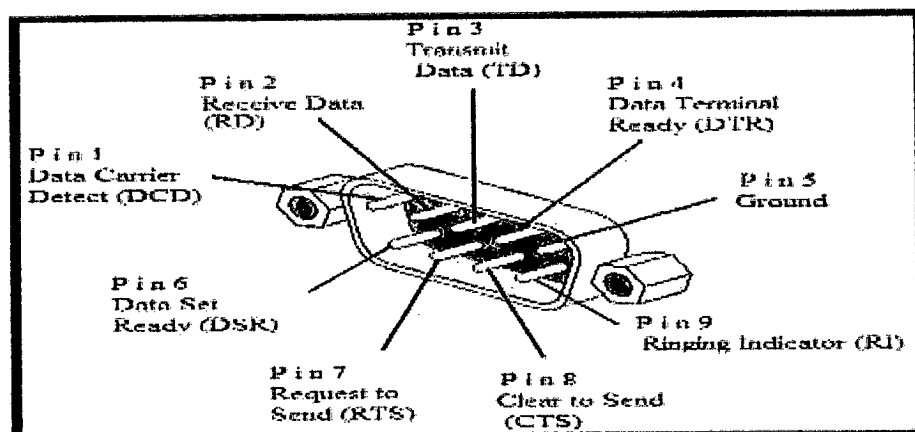


FIGURA N° 19: IDENTIFICACIÓN DE PINES DE UN CONECTOR DB9 MACHO

El Microcontrolador controla el puerto serie con un circuito integrado específico, llamado UART (Transmisor – Receptor – Universal Asíncrono).

La mayoría de los modems conectables al puerto serie necesitan dicho tipo de UART.

Conexión con Microcontrolador: La Figura N° 20, muestra la conexión del Modem al Microcontrolador a través del Cable Serial RS232 y la Figura N° 21, muestra el cable en sí.

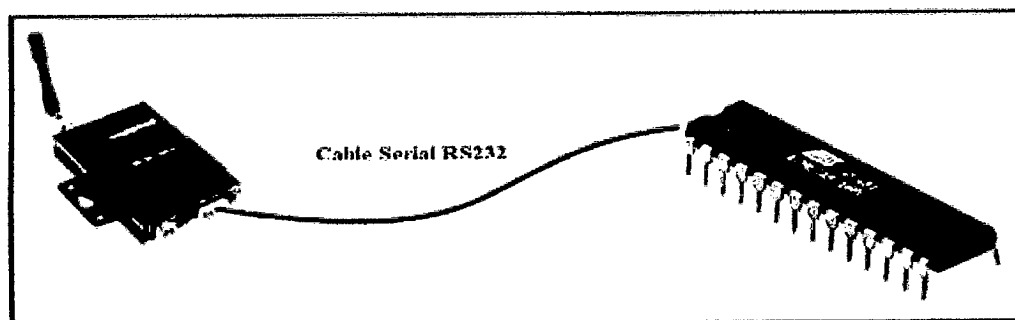


FIGURA N° 20: CONEXIÓN DEL PUERTO SERIAL AL MICROCONTROLADOR

PIN	RS-232	Microcontrolador
2	RX	Pin 15 (TX)
3	TX	Pin 14 (RX)
5	GND	Pin 11

TABLA N° 5: PINES DE CONEXIÓN DEL PUERTO SERIE

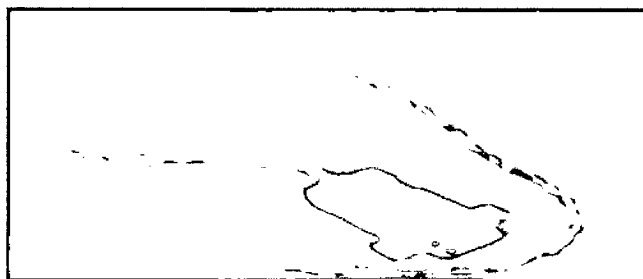


FIGURA N° 21: CABLE DE MODEM – MICROCONTROLADOR

3.5 DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

Para el proyecto utilizamos los diversos componentes electrónicos en los que destacamos al microcontrolador PIC por ser uno de los que realizan plenamente el control del sistema y a la vez guarda la información de ciertas lecturas o datos a ingresar.

3.6 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL PROYECTO

3.6.1 MICROCONTROLADOR PIC16F877A

El PIC16F877 es un microcontrolador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El PIC16F877 es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

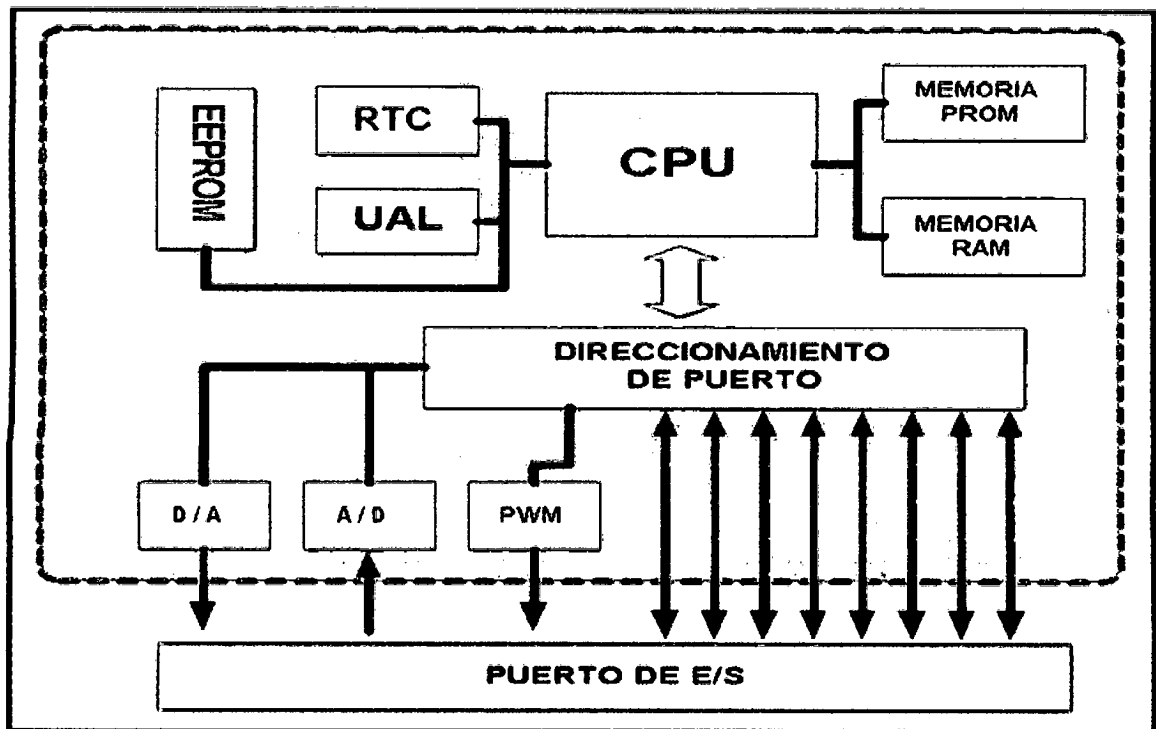


FIGURA N° 22: ESTRUCTURA INTERNA DEL MICROCONTROLADOR

Un Microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes

- ❖ Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- ❖ Memoria RAM para Contener los datos
- ❖ Memoria, disponer de programa tipo ROM/PROM/EPROM/EEPROM & FLASH.
- ❖ Líneas de (entrada / salida) para comunicarse con el exterior.
- ❖ Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertos Serie y Paralelo, A/D y D/A, etc.).

Generador de pulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema. En la parte interna posee un Microprocesador, una memoria RAM (volátil) donde se guardará las variables, una memoria EEPROM (no volátil) donde se guardará el programa a ser usado, un Timer o contador que facilitará algunas labores, y algunas otras tareas más que varían dependiendo de que PIC manejemos

Memoria EEPROM cuya aplicación es de que los datos no se alteren cuando desaparezca la alimentación, es un tipo de memoria ROM para programar o borrar eléctricamente sin necesidad de circuitos especiales.

Posee un amplio Rango de tensiones de funcionamiento:

- ✓ Comercial: de 2.0 a 5.5 volts
- ✓ Industrial: de 2.0 a 5.5 volts

Consumo muy bajo:

- ✓ < 2 mA característico a 5 volt, 4MHz.
- ✓ 15 μ A característico a 2 volt, 32KHz.
- ✓ >0.5 μ A característico de corriente en reposo a 2 volts

Características que lo hacen destacarse por su popularidad en el mundo de la electrónica:

- ✓ Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- ✓ Amplia memoria para datos y programa
- ✓ Memoria reprogramable: La memoria de este PIC es la que se denomina FLASH de 8K; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo)
- ✓ Instrucciones comprimidas (tipo RISC), solamente con instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

En su arquitectura además incorporan:

- ✓ 2 Temporizadores
- ✓ 3 puertos I/O

Comunicación serie y paralela: USART, PSP Comunicación serie y paralela: USART, PSP

- ✓ Bus I2C
- ✓ Módulo Convertidor analógico a digital A/D
- ✓ Módulo Comparador con un voltaje de referencia

3.6.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

Características	16f877A
Frecuencia máxima DX	20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 Bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	15
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Módulo Analógico a Digital de 10 bit	8 canales de entrada
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
Modulo comparador / PWM	2

TABLA N° 6: CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877A

3.6.3 EL ENCAPSULADO

Reg. 6578 — 21/3/16 LNP

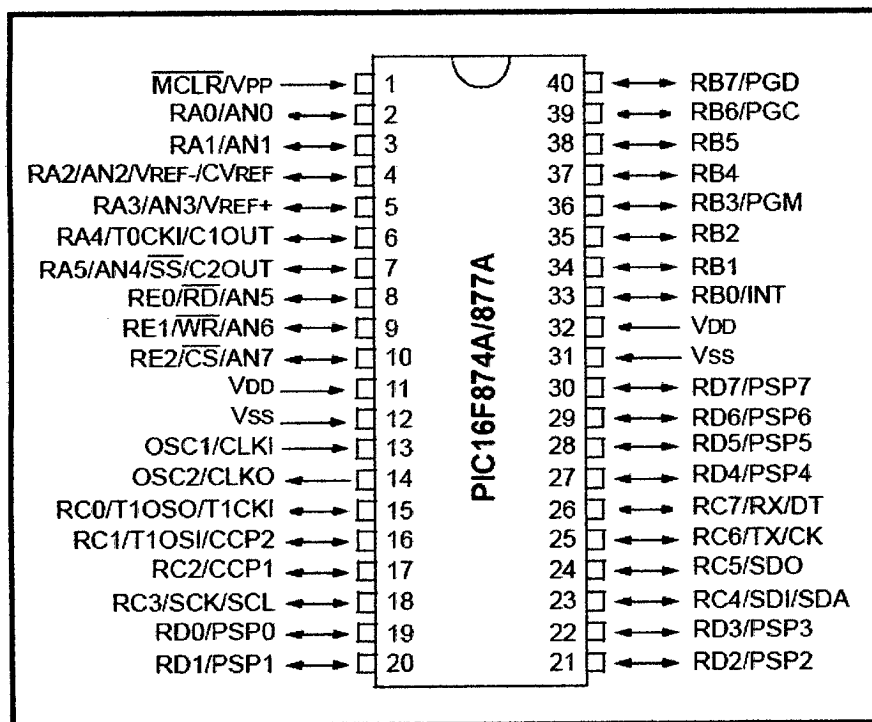


FIGURA N° 23: DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL MICROCONTROLADOR 16F877A

Nombre	Pin	Descripción
RA0/AN0	2	E/S Digital o Entrada análoga 0.
RA1/AN1	3	E/S Digital o Entrada análoga 1.
RA2/AN2 Vref -	4	E/S Digital o Entrada análoga 2
RA3/AN3/Vref +	5	E/S Digital o Entrada análoga 3
RA4/T0CKI	6	Bit 4 del puerto A (E/S bidireccional). También se usa como entrada de reloj al temporizador/contador TMR0. Salida de colector abierto.
RA5/SS/AN4	7	E/S Digital o Entrada análoga 4. También lo usa el puerto serial síncrono.
RB0/INT	33	Bit 0 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. También se usa como entrada de interrupción externa (INT).
RB1	34	Bit 1 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL
RB2	35	Bit 2 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL
RB3/PGM	36	Bit 3 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL (Programación en bajo voltaje)
RB4	37	Bit 4 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL. Interrupción por cambio del pin
RB5	38	Bit 5 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL. Interrupción por cambio del pin.
RB6/PGC	39	Bit 6 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. Interrupción por cambio del pin. Entrada de reloj para programación serial.
RB7/PGD	40	Bit 7 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. Interrupción por cambio del pin. Entrada de datos para programación serial.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	E/S Digital. Salida del oscilador Timer 1 o entrada de reloj Timer 1.
RC1/T1OSI/CCP2	16	E/S Digital. Entrada del oscilador Timer 1. Entrada Captura 2; Salida Comparar 2; Salida PWM 2
RC2/CCP1	17	E/S Digital. Entrada Captura 1; Salida Comparar 1; Salida PWM 1
RC3/SCK/SCL	18	E/S Digital. Línea de reloj serial asíncrono en el modo SPI y el modo I ² C
RC4/SDI/SDA	23	E/S Digital. Línea de datos en el modo SPI o en el modo I ² C
RC5/SDO	24	E/S Digital
RC6/TX/CK	25	E/S Digital. Transmisión asíncrona (USART) o reloj síncrono (SSP).
RC7/RX/DT	26	E/S Digital. Recepción asíncrona (USART) o línea de datos (SSP).

VDD	11,32	Voltaje de alimentación DC (+)
VSS	12,31	Referencia de voltaje (GND).
MCLR	1	Entrada de RESET al microcontrolador. Voltaje de entrada durante la programación. En nivel bajo resetea el microcontrolador
OSC1/CLKIN	13	Entrada oscilador cristal oscilador / Entrada fuente de reloj externa.
OSC2/CLKOUT	14	Salida oscilador cristal. Oscilador RC: Salida con un ¼ frecuencia OSC1
RD0/PSP0	19	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD1/PSP1	20	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD2/PSP2	21	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RD3/PSP3	22	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RD4/PSP4	27	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RD5/PSP5	28	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RD6/PSP6	29	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RD7/PSP7	30	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits
RE0/RD/AN5	8	E/S Digital. Puede se pin de lectura (read) en modo microprocesador
RE1/WR/AN6	9	E/S Digital. Puede ser pin de escritura (write) en modo microprocesador.
RE2/CS/AN7	10	/S Digital. Puede ser pin de selección de chip (chip select) en modo microprocesador

TABLA Nº 7: DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL
MICROCONTROLADOR16F877A

CAPÍTULO IV

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO AUTOMÁTICO

Una vez conocidos el componente utilizado para el control electrónico, se conoce la capacidad de cobertura y control del sistema de riego.

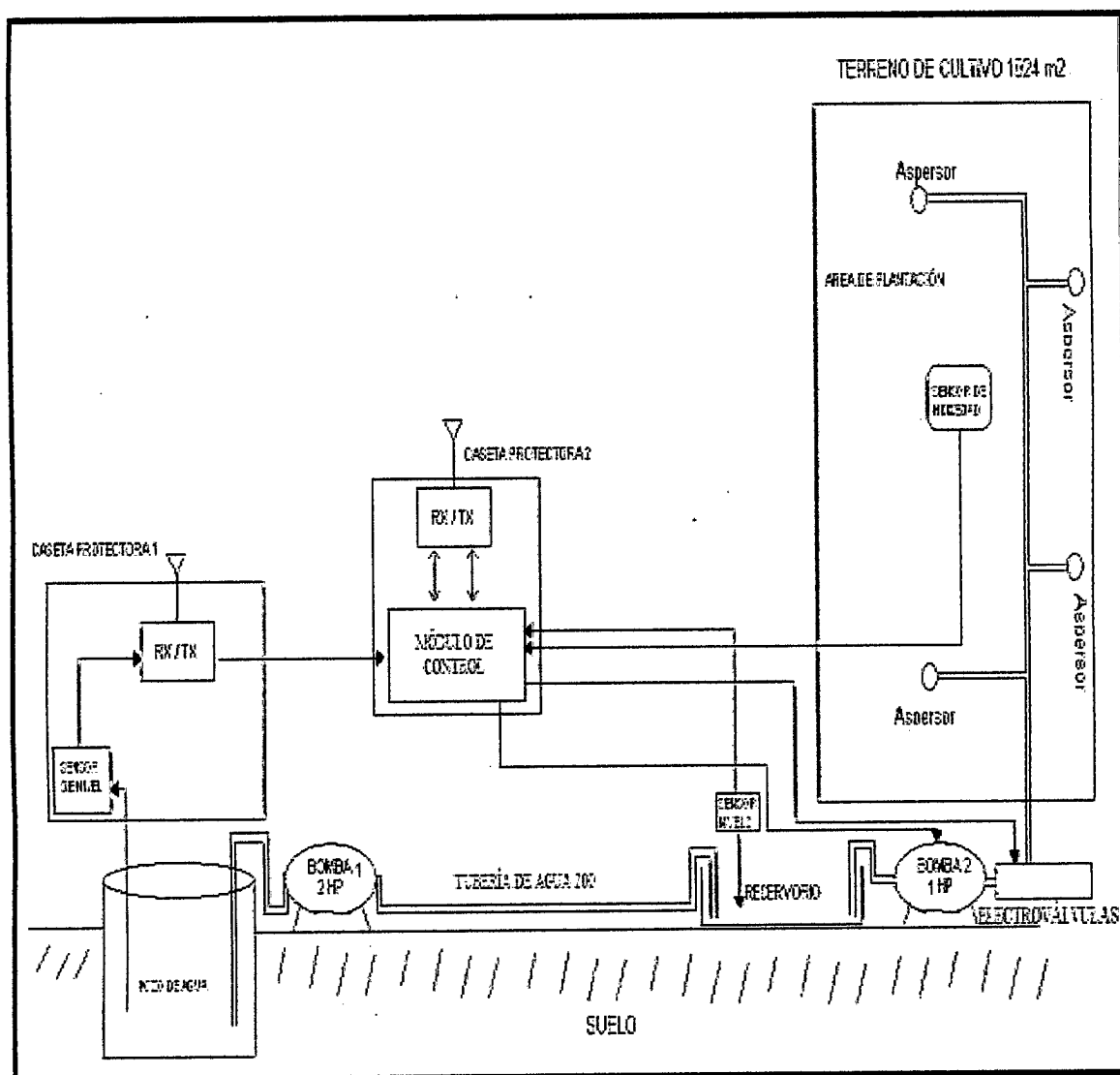


FIGURA N° 24: ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO

4.2 DISEÑO POR PARTES DE LA TARJETA DE CONTROL

Para el diseño del sistema de control se toma en consideración varios puntos como se los describe a continuación:

4.2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En el diseño de la fuente de alimentación partimos de una tensión simétrica de 12 Vcc para la polarización de los amplificadores operacionales y otra de 5 Vcc para el mismo controlador a través de un integrado regular LM7805 y LM7812 de dos condensadores respectivamente en las salidas para tener una señal sin ruido.

- Fuente de alimentación
- Circuito de comunicación serial
- Sistema de visualización
- Teclado para el ingreso de datos
- Interface para control externo con relés

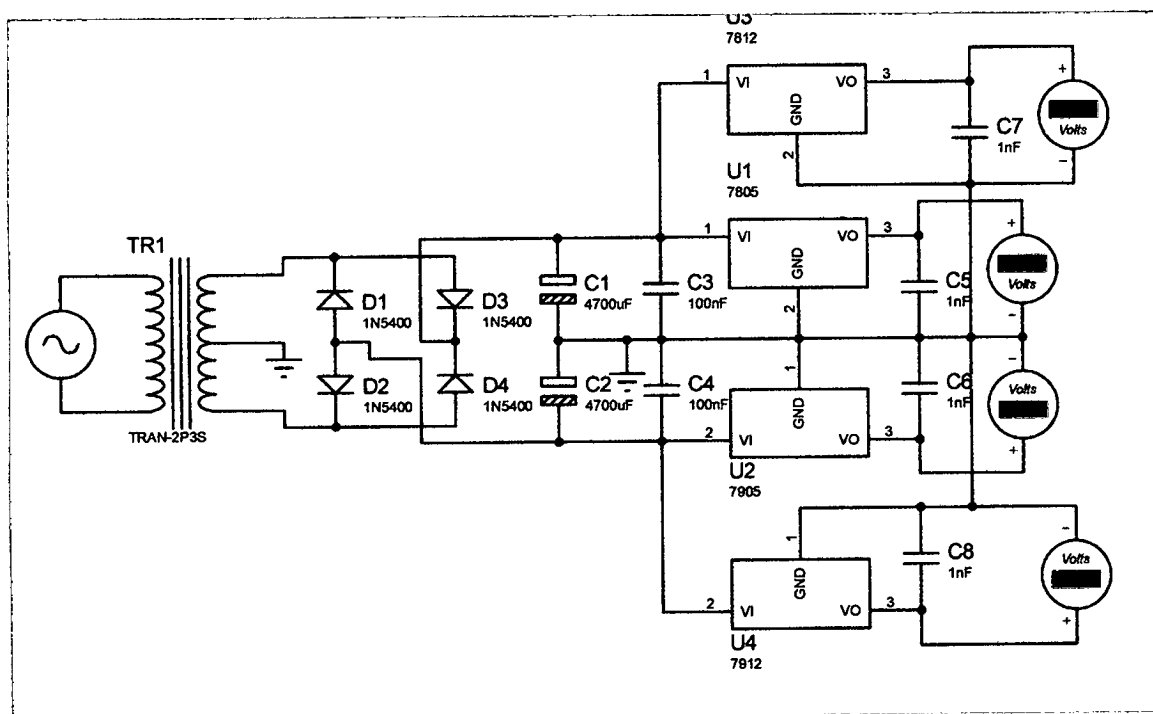


FIGURA N° 25: DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIMÉTRICA

4.2.3 SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

Para poder visualizar y tener un mejor control de lo que está sucediendo en nuestro sistema, se ha colocado una pantalla tipo LCD de 24x 4 que permite visualizar los datos en 2 líneas y 24 segmentos en cada una de ellas.

A continuación observaremos parte de la tarjeta principal que tiene este sistema de monitoreo

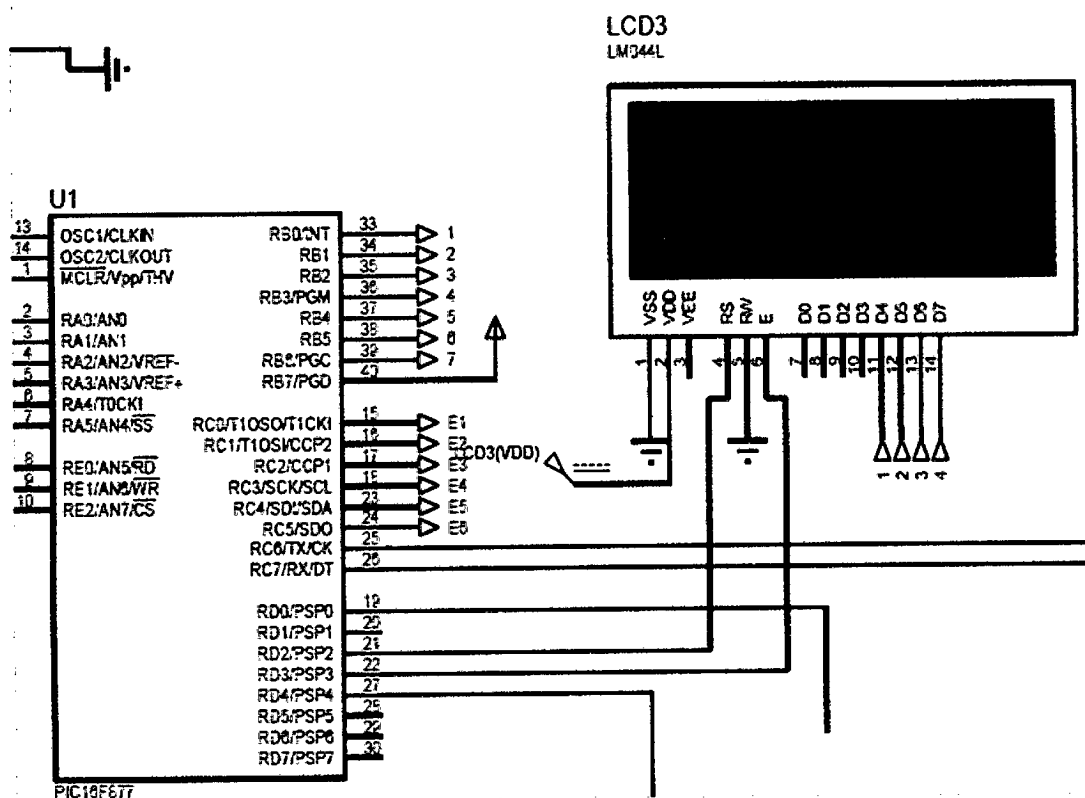


FIGURA N° 27: PANTALLA LCD DE MONITOREO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la habilitación de la pantalla, la misma que se alimenta con una tensión DC de 5 voltios y se ha utilizado el puerto B del PIC para la visualización de los datos que se van dando en el proceso que va realizando los diferentes controles del proyecto. Además tenemos un potenciómetro que a través de este nos permite controlar el contraste de la pantalla para así tener una mejor visualización de los datos.

4.2.4 TECLADO PARA EL INGRESO DE DATOS

En la figura N° 28 observamos la conexión del teclado con el PIC, ya que para este proyecto hemos tenido la necesidad del ingreso de datos como son las zonas a regar de forma manual: podemos ingresar el número de la zona a encender además el tiempo que deseemos para que esta permanezca encendida, la visualización del ingreso de estos datos se la puede observar por la pantalla LCD.

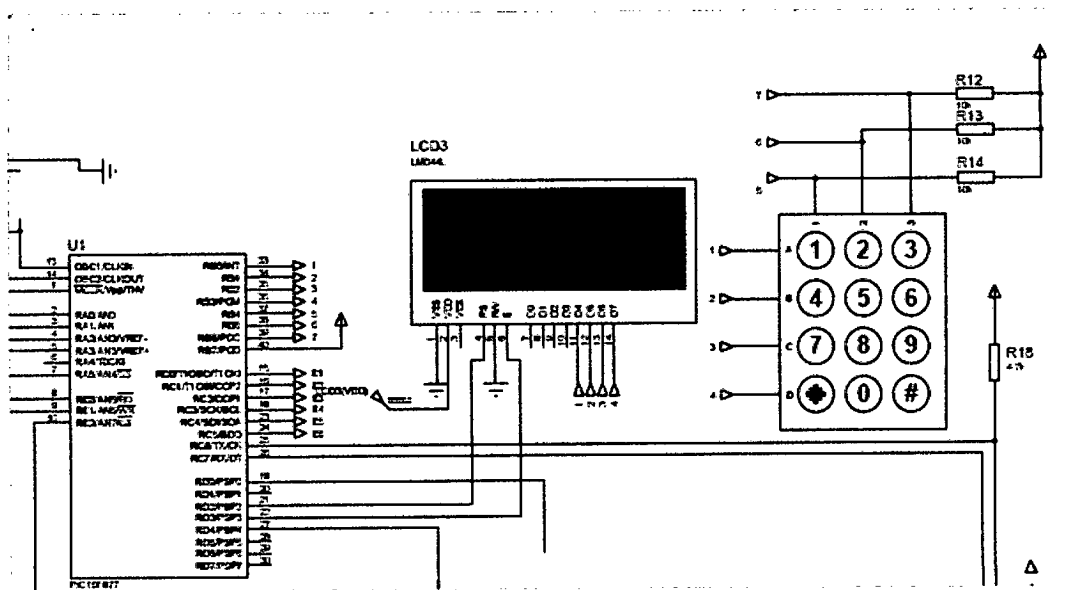


FIGURA N° 28: CONEXIÓN DEL TECLADO CON EL PIC 16F877A

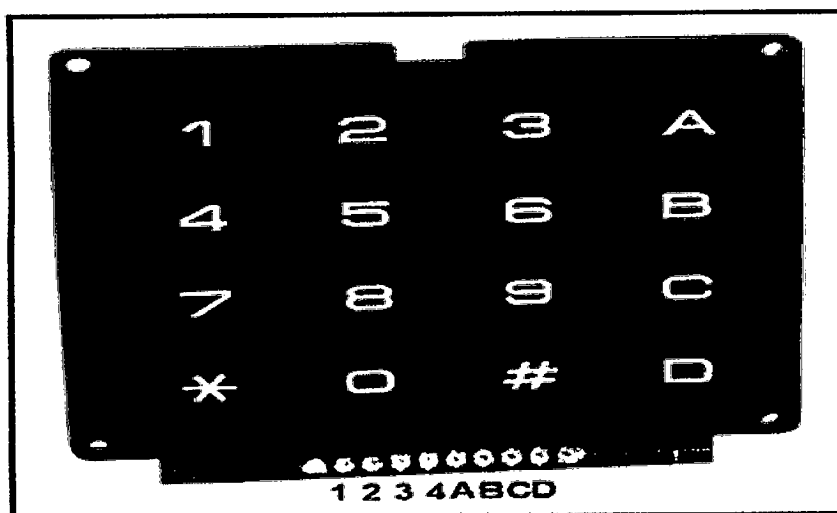


FIGURA N° 29: TECLADO MATRICIAL 4X4 Y DISTRIBUCIÓN DE PINES

4.2.5 INTERFACE PARA CONTROL EXTERNO CON RELÉS

Para el control de cada una de las electroválvulas que permiten el riego a través del Microcontrolador, es necesario realizar una pequeña interface de potencia, el cual permite activar los diferentes relés que están conectados con las electroválvulas, estas mismas que funcionan con una tensión de 120Vac.

Los diodos led que se observa en la figura N° 29, simulan las electroválvulas que se conectan en la etapa de potencia.

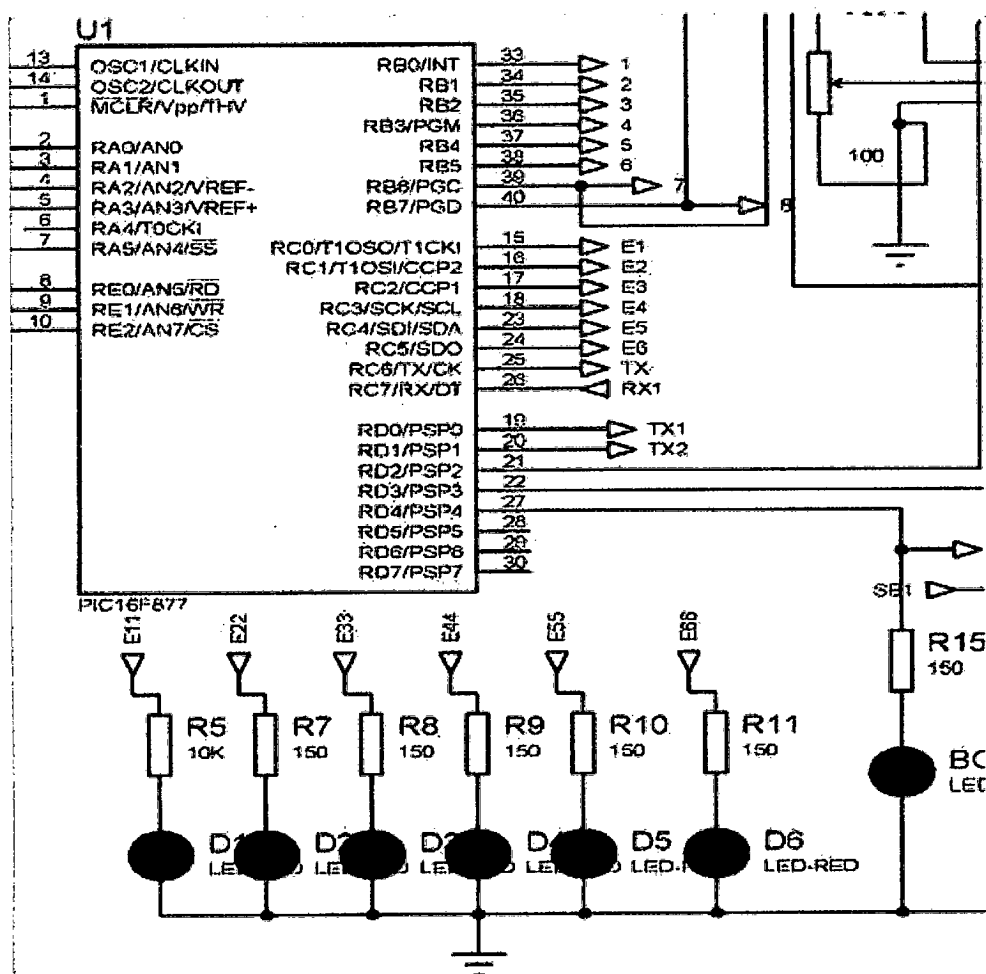


FIGURA N° 30. CONEXIÓN DE LOS PINES DE SALIDAS CON EL PIC 16F877A

Para esta pequeña interface se utilizó un transistor para la activación de los relés el cual es saturado por el Microcontrolador, por la baja corriente que consumen estos transistores 2N3904. Las salidas del Microcontrolador pueden controlar a varios al mismo tiempo sin sufrir caídas de tensión significativas para el buen desempeño del sistema electrónico.

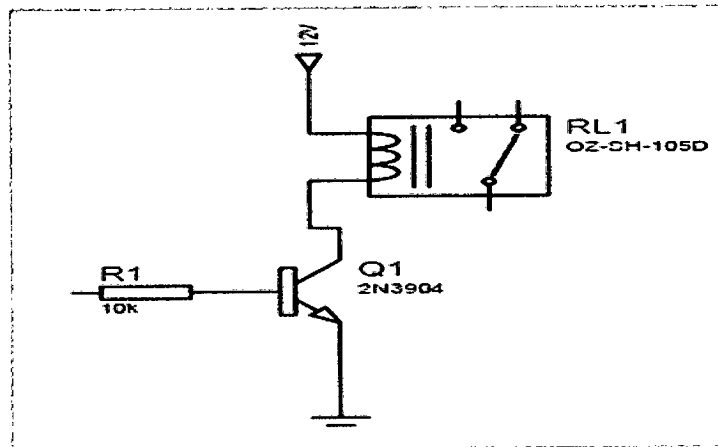


FIGURA N° 31: INTERFACE DE POTENCIA CON RELÉ PARA CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS

4.3 DISEÑO DE TARJETAS DE CONTROL DE RIEGO AUTOMÁTICO

En el diseño de la pista o placa electrónica de control se usó el programa ARES, es aquí donde se realizan los diferentes procesos: de encendido y apagado de las electroválvulas, censar los niveles de agua además de la humedad por medio de la frecuencia, encendido y apagado de las bombas, visualización y monitoreo del estado de las zonas a irrigar. Se utilizó el programa PROTEUS, para la simulación con el Microcontrolador.

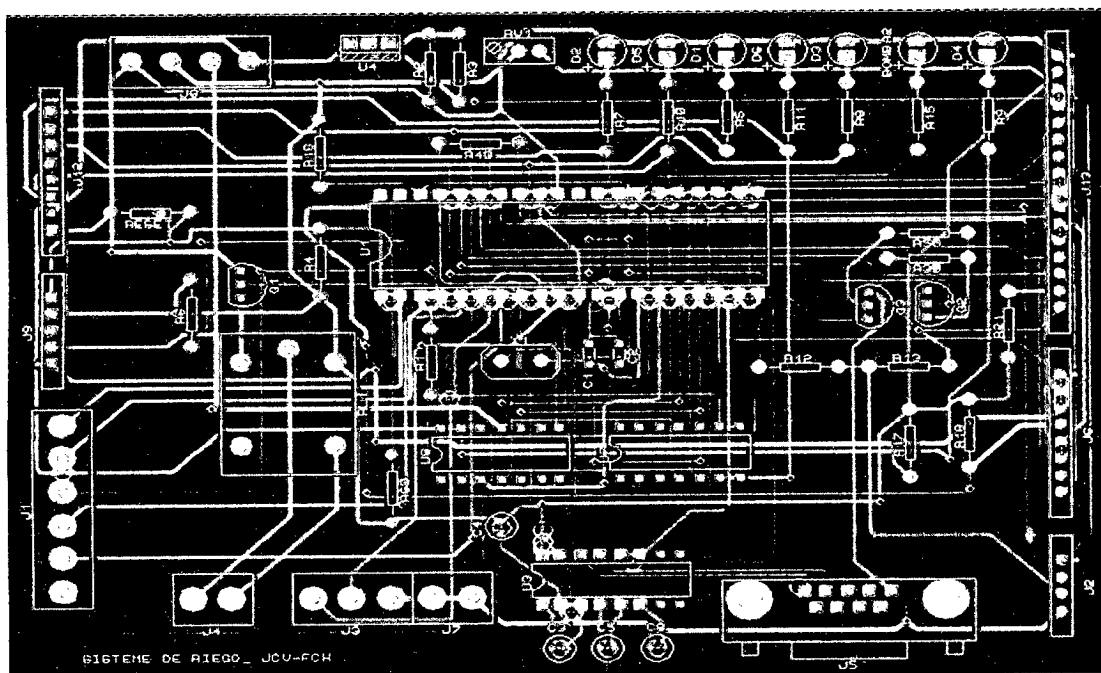


FIGURA N° 32: DISEÑO DE PISTA DE LA TARJETA DE
CONTROL AUTOMÁTICO DE RIEGO

4.4 TARJETA DE LA FUENTE SIMÉTRICA

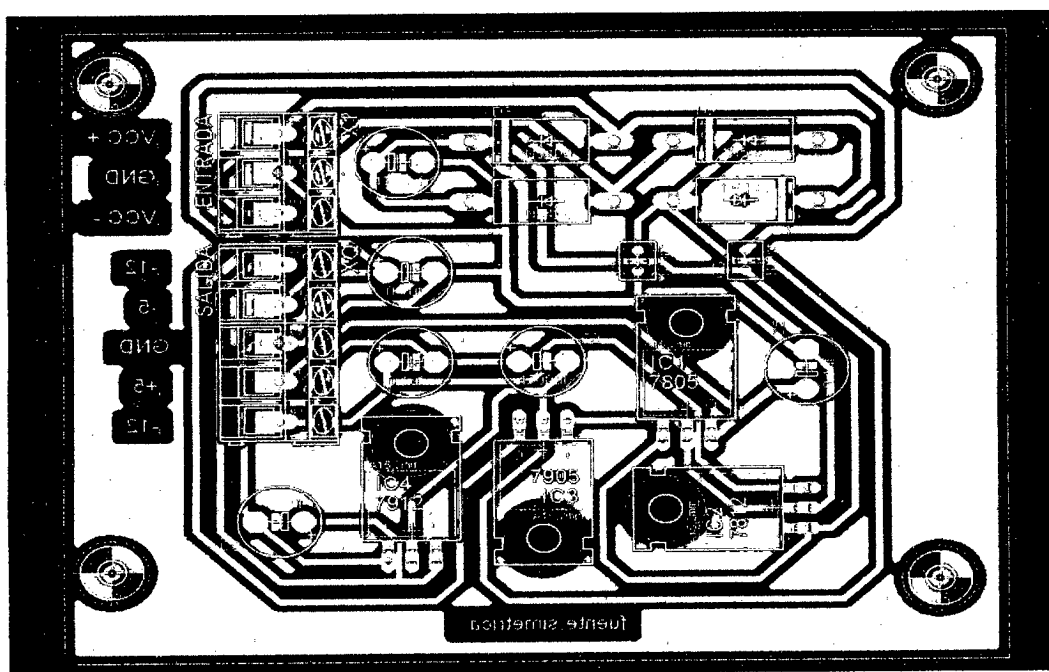


FIGURA N° 33: PISTA DE LA TARJETA DE ALIMENTACIÓN SIMÉTRICA

4.5 TARJETA DE CONTROL DE SALIDAS DE ELECTROVÁLVULAS

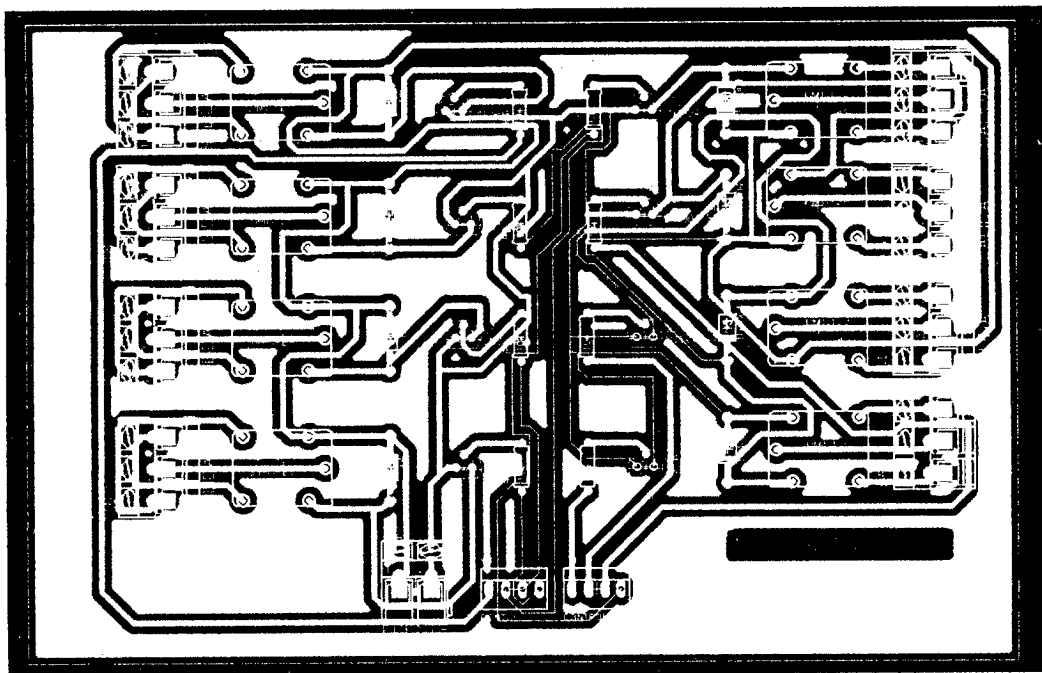


FIGURA N° 34: PISTA DE LA TARJETA DE CONTROL DE SALIDAS CONRELÉS

4.6 TARJETA DE CONTROL DE LA BOMBA DEL POZO

Para el abastecimiento del agua para el riego a los cultivos tenemos un pozo ubicado a una distancia aproximada de 200 metros del lugar donde se encuentra la zona de riego, esta tarjeta permite controlar y sensor el nivel del líquido del pozo para así poder encender la bomba de agua para que llene la piscina abastecedora en el caso de necesitarlo

La misma tarjeta lleva el control de salidas con los relés para la parte de potencia del sistema de encendido de la bomba

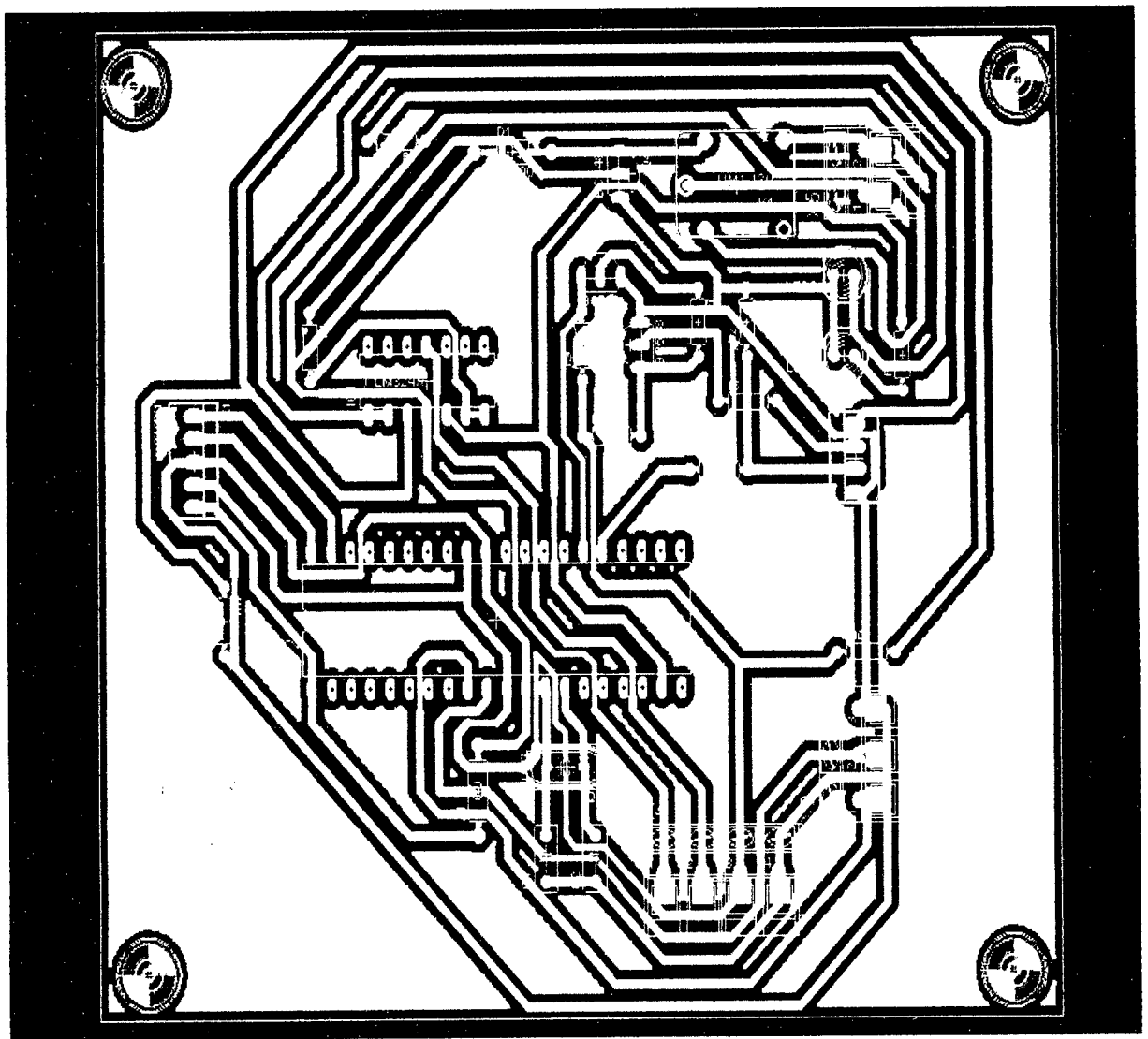


FIGURA N° 35: PISTA DE LA TARJETA DE CONTROL DE LA BOMBA DELPOZO

4.7 DISEÑO SENSOR DE HUMEDAD

Como ya se explicó anteriormente el funcionamiento del circuito integrado LM555 en operación como circuito estable, se indica a continuación el diseño del sensor de humedad utilizando este elemento.

El circuito integrado LM555, en su salida entrega un tren de pulsos de frecuencia variable. Para determinar la relación de la variación de la frecuencia con la humedad se usaron un medidor de humedad marca RAPITEST y el sensor de humedad implementado. Los datos se muestran en la siguiente tabla.

% Humedad	Frecuencia (Hz)
0	0
10	56
20	141
30	278
40	467
50	533
60	734
70	875
80	1089
90	1345
100	1821

TABLA N° 8: DATOS DE LA HUMEDAD DEL SUELO CON SU RESPECTIVA FRECUENCIA

El diseño del sensor de humedad se va a realizar tomando los datos al 100% de humedad que sería el valor crítico. Para una frecuencia máxima de 1821Hz se tiene lo siguiente:

El fabricante recomienda utilizar los siguientes valores para el funcionamiento adecuado del LM 555. $R2=1k\Omega$, $C1=1\mu F$.

Para este caso se ha probado el porcentaje de humedad del suelo en el mismo campo de trabajo, así se puede obtener los datos reales con los que se va a calibrar los valores que se graban en el Microcontrolador

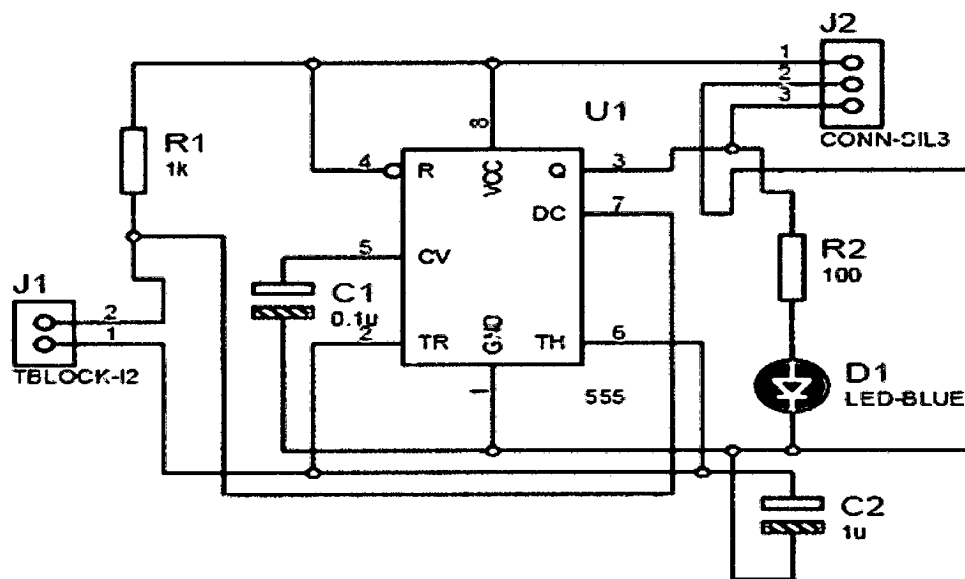


FIGURA N° 36: DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL SENSOR DE HUMEDAD CON 555

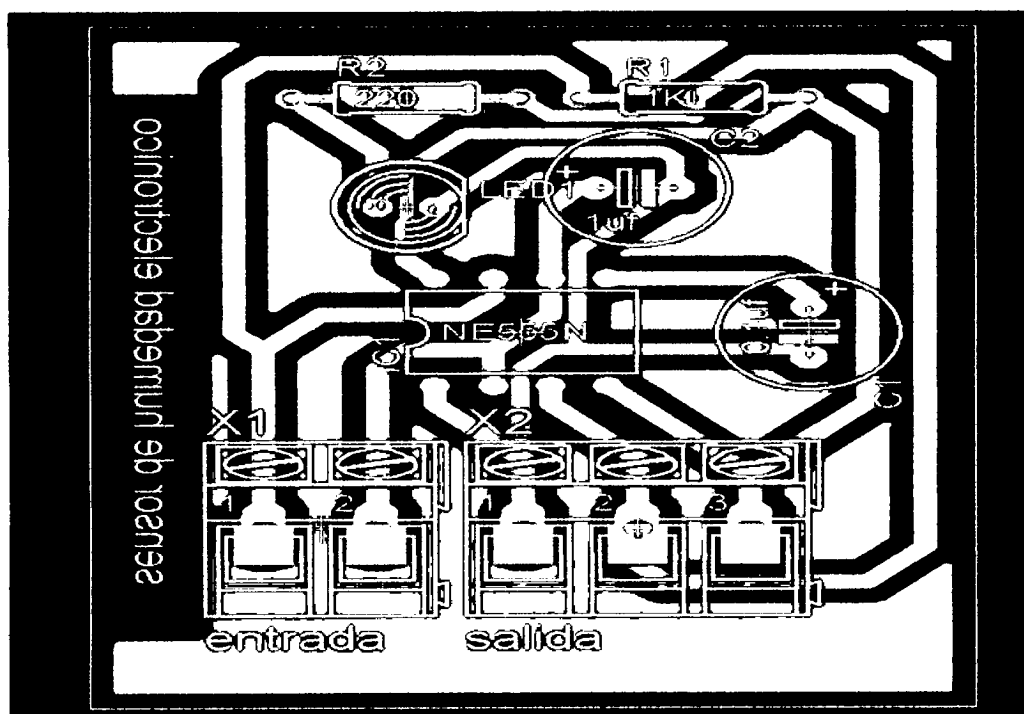


FIGURA N° 37: PISTA DE LA TARJETA DE SENSOR DE HUMEDAD

4.8 CÁLCULO DE FRECUENCIA POR RESISTENCIA DEL SUELO

Para poder realizar la tabla de frecuencias nombrada anteriormente, se realizan cálculos de forma teórica y se realizó mediciones en el terreno que son dato muy confiable para nuestro sistema y las muestras fueron tomadas a través del osciloscopio

Fórmula de la frecuencia para un circuito Estable con 555

$$F = 1.44 / (R1 + 2 * RX) * C$$

Donde tenemos que el valor de RX es la resistencia que produce el suelo, y esta es medida por el factor de proporcionalidad de la distancia que se encuentran los dos electrodos de bronce enterrados en el suelo.

Para el desarrollo del cálculo de la frecuencia entregada por el transductor se colocó un valor promedio del rango del valor de la resistencia proporcionada por el suelo y como ejemplo hemos detallado lo siguiente

Ejemplo:

$$F = 1.44 / (1K + 2(70K)) * 0,1\mu f$$

$$F = 10.32 \text{ HZ}$$

% Humedad	Temperatura	Área de prueba	Valor de Resistencia obtenida (Ω)	Frecuencia (Hz)
1	32°C	1m2	67000 a 72000	10
10	32°C	1m2	10000 a 12000	56
20	32°C	1m2	3780 a 3800	141
30	32°C	1m2	1700 a 1800	278
40	32°C	1m2	1100 a 1150	467
50	32°C	1m2	768 a 780	533
60	32°C	1m2	410 a 470	734
70	32°C	1m2	320 a 340	875
80	32°C	1m2	175 a 190	1089
90	32°C	1m2	26 a 30	1345
100	32°C	1m2	0.3 a 1.1	1640

PRESUPUESTO

Costos de Implementación del Proyecto

Para la implementación del sistema de riego se escogieron los materiales necesarios para un óptimo funcionamiento y así varios elementos como estructuras y de alguna manera equipos de medición como osciloscopio que nos ayudó para las mediciones de frecuencia y señales DC.

Estos materiales electrónicos están conformados por dispositivos tales como: Microcontroladores, módulos XBee, display LCD, teclado alfanumérico, bombas de agua, aspersores, tubería para agua, estructura metálicas, contactores, equipo de protección de corto circuitos y elaboración de placas impresas, todo esto y sin detallar más componentes, esto fue previamente elaborado así como el diseño y construcción de toda la circuitería electrónica.

Cantidad	Descripción de componentes o equipo	Precio
2	Microcontroladores 16F877A	\$14
2	Módulos Zbee pro	\$90
1	Pantalla o Display 20X4	\$25
1	Teclado alfanumérico	\$12
	Componentes electrónicos	\$150
1	Modem GSM	\$140
2	Contactores 120v/25A	\$35
4	Rollos de cable # 20	\$90
80	Metros de cable multipack	\$40
	Sistema de protección (caja y breakers)	\$30
12	Aspersores multiflujo	\$60
5	Elaboración de placas electrónicas	\$200
	Mano de obra y gastos varios	\$400
	Tubería PVC de 2" y plástica de ½ "	\$130
1	Bomba tipo bala de 1.5 HP	\$130
1	Bomba tipo bala de ½ HP	\$50
	TOTAL	\$1646

TABLA N° 13: TABLA FINAL DE COSTOS DEL PROYECTO

CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos en las pruebas de este sistema de riego se puede comprobar que éste funciona en tiempo real ya que el intervalo en el envío y recepción de los mensajes está en función del tiempo esperado que es aproximadamente 45 segundos.
- Los sensores de humedad funcionaron de manera aceptable, entregando los valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión.
- Al trabajar con comandos AT se logró la comunicación entre el microprocesador y el teléfono celular
- Al utilizar la nube de comunicación GSM se obtiene un rango de alcance bastante amplio, lo cual depende de la operadora con la que se esté trabajando; en este caso la operadora es CLARO que tiene cobertura nacional
- El uso de módulos XBee pro en el sistema implementado presenta pérdidas de señal cuando no se encuentran en línea de vista, lo cual disminuye el alcance.
- Se determina que la utilización de mensajería SMS resulta eficiente para paquetes de datos pequeños o para aplicaciones de control al llevar un comando en un mensaje de texto.
- La implementación de los comandos AT está en función del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos son enviados
- Con el software MICROCODE que se utilizó para la programación del micro PIC 16F877A es factible optimizar las subrutinas de comunicación serial que se emplea en el control de los dispositivos

BIBLIOGRAFÍA

- HUIDOBRO, José y MILLAN, Ramón, *Manual de DOMÓTICA*, Primera Edición, Editorial Copyright, España, 2000, Volumen Uno
- MICROCHIP, *Datasheet (Datos técnicos)*, [http: //www.microchip.com](http://www.microchip.com). Tomado en octubre del 2014
- DIGI, *Modelos de Módulos XBee*, www.digi.com. Tomado en octubre del 2014
- MICROCONTROLADOR, *Descripción General del PIC16F877A (pdf)*. Tomado en octubre del 2014
- Dr. Calderón Labs., *MEDIDOR DE HUMEDAD*, [ww.drcalderonlabs.com/Aparatos /Medidor_de_Humedad/ Medidor_de_Humedad_00400_Catalogo.pdf](http://www.drcalderonlabs.com/Aparatos/Medidor_de_Humedad/Medidor_de_Humedad_00400_Catalogo.pdf). Tomado en Junio2012

ANEXOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO, SENSORES Y ELECTROVÁLVULAS

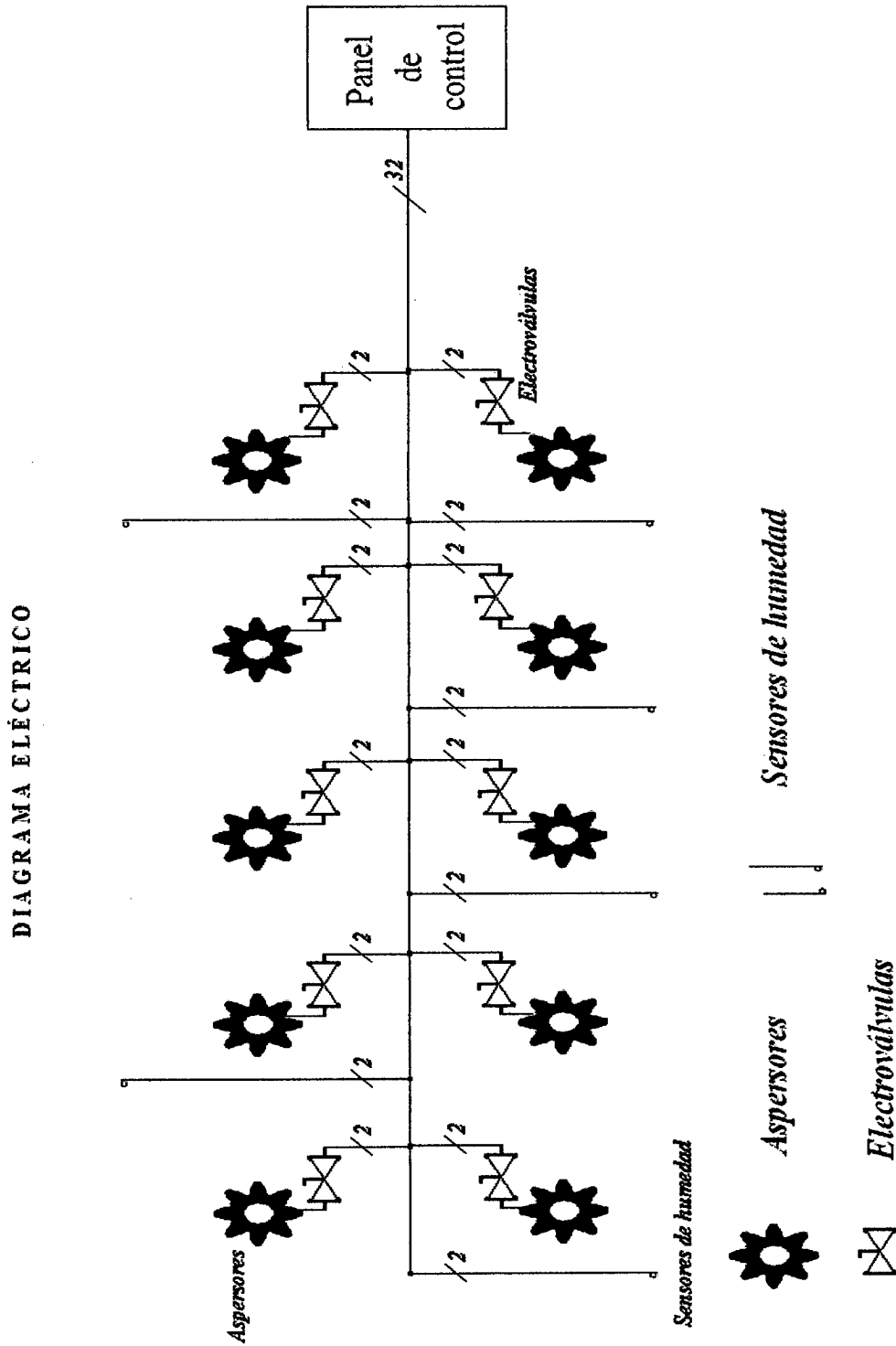


FIGURA N° 38: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO, SENSORES Y ELECTROVÁLVULAS

FUENTE: Autores

PROGRAMACIÓN UTILIZADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877A

```
.***** ;  
; Configuración de los puertos  
.*****
```

A VAR PORTB.0; nombres para los pines de las filas

B VAR PORTB.1

C VAR PORTB.2

D VAR PORTB.3

UNO VAR PORTB.4; nombres para los pines de las columnas

DOS VAR PORTB.5

TRES VAR PORTB.6

CUATRO VAR PORTB.7

TX VAR PORTD.0

RX VAR PORTD.1

TXBEE VAR PORTC.6

RXBEE VAR PORTC.7

E1 VAR PORTC.0

E2 VAR PORTC.1

E3 VAR PORTC.2

E4 VAR PORTC.3

E5 VAR PORTC.4

E6 VAR PORTC.5

BOMBA2 VAR PORTD.4

N_BAJO VAR PORTE.1

N_ALTO VAR PORTE.2

EE1 VAR BIT

EE2 VAR BIT

EE3 VAR BIT

EE4 VAR BIT
EE5 VAR BIT
EE6 VAR BIT
ENVIO VAR BIT
BOM VAR BIT
BOM2 VAR BIT
SB VAR BIT
TECLA VAR BYTE
S1 VAR WORD
S2 VAR WORD
S3 VAR WORD
S4 VAR WORD
S5 VAR WORD
S6 VAR WORD
S1A VAR WORD
S2A VAR WORD
S3A VAR WORD
S4A VAR WORD
S5A VAR WORD
S6A VAR WORD
ZONA VAR BYTE
ZONAT VAR BYTE
T1 VAR BYTE
T2 VAR BYTE
T3 VAR BYTE
T4 VAR BYTE
T5 VAR BYTE


```

T6  VAR BYTE
DATO VAR BYTE
TIEMPO VAR  WORD
HUMEDAD VAR  BYTE
X  VAR BYTE

```

```

Y  VAR BYTE Include

```

```

"modedefs.bas"

```

```

;***** ;
;Configuración del LCD
;***** DEFINE
LCD_DREG PORTB; define pines del LCD B4 a B7

```

```

DEFINE LCD_DBIT 0 ; empezando desde el Puerto B4 hasta el B7 DEFINE

```

```

LCD_RSREG PORTD; define el puerto B para conectar el bit RS

```

```

DEFINE LCD_RSBIT 2 ; este es el puerto B3

```

```

DEFINE LCD_EREG PORTD; define el puerto B para conectar el bit Enable DEFINE

```

```

LCD_EBIT 3 ; este es el puerto B2

```

```

;***** ;
;Programación de puertos
;*****

```

```

ADCON1=7

```

```

TRISB=%01110000

```

```

TRISC=%10000000

```

```

TRISD=0

```

```

PORTB=0

```

```

PORTC=0

```

```

PORTD=0

```

```

BOM = 0

```

```

BOM2=0

```

```

SB=0

```

ENVIO=0

EEPROM 1, [120, 120, 120, 120, 120,120]

Inicio del programa

INICIO:

SEROUT2 TXBEE, 84, ["6"]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA BOMBA

SEROUT2 TXBEE, 84, [13]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA BOMBA

LCDOUT \$FE, 1

LCDOUT \$FE, \$80,"TESIS SISTEMA RIEGO"

LCDOUT \$FE, \$C0,"INTEGRANTES: JCV-FCH"

LCDOUT \$FE, \$94

FOR x = 0 TO 14 ; repetir 16 veces

LOOKUP x, ["UPS - GUAYAQUIL"], Y ; tomar carácter por carácter y guardar en abc

LCDOUT, Y ; sacar en LCD el contenido de abc

PAUSE 10 ; esperar 400 mls

NEXT

LCDOUT \$FE, \$D4,"* PARA CONFIGURAR"

; Ingreso a la Configuración del sistema

for x=0 to 20 ; cambie 50 por 20

gosub teclado2 if

tecla= 14 then x=

50

gotoconfigura

end if

pause 100

next

```
.*****  
;  
; Inicio del programa  
.*****  
;  
IN:
```

READ 1, HUMEDAD

S1A=HUMEDAD

READ 2, HUMEDAD

S2A=HUMEDAD

READ 3, HUMEDAD

S3A=HUMEDAD

READ 4, HUMEDAD

S4A=HUMEDAD

READ 5, HUMEDAD

S5A=HUMEDAD

READ 6, HUMEDAD

S6A=HUMEDAD

LCDOUT \$FE, 1

```
.*****  
;  
; Aquí comienza el Proceso  
.*****  
;
```

INI:

IF SB=1 THEN

IF n_ALTO=1 THEN

SEROUT2 TXBEE, 84, ["2"]; ENVIA EL 2 PARA DECIR QUE APAGUE LA
BOMBA DEL POZO

LCDOUT \$FE, \$80, "BOMBA APAGADA "

PAUSE 1000

BOM2=1

```

    BOM=0

    SB=0 GOTO

    OTRO1

    ENDIF

    GOTO PRENDE_BOMBA

    ELSE

    IF N_bajo =1 then goto otro1
    sb=1

    goto PRENDE_BOMBA

endif

    PRENDE_BOMBA:

    LCDOUT $FE, $80,"FALTA AGUA      "
    LCDOUT $FE, $94,"              "
    LCDOUT $FE, $D4,"              "

    Portc=0

    low bomba2

    ifbom=1 then goto ini

    DATO=48

    ni:

    SEROUT2 TXBEE, 84, ["1"]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA
    BOMBA

    PAUSE 100

    LCDOUT $FE, $80,"BOMBA POZO ENCENDIDA"
    LCDOUT $FE, $C0,"              "
    LCDOUT $FE, $94,"              "
    LCDOUT $FE, $D4,"              "

    PAUSE 2000

```

BOM=1; SI BOM =1 ==> LA BOMBA DEL POZO ESTA
ENCENDIDA

BOM2=0

gotoini

U:

LCDOUT \$FE, \$80," "

LCDOUT \$FE, \$C0,"NO HAY COMUNICACIÓN"

LCDOUT \$FE, \$94," "

LCDOUT \$FE, \$D4," "

GOTO ni

Uuu:

LCDOUT \$FE, \$80," "

bom2=1

LCDOUT \$FE, \$C0,"NO -- COMUNICACIÓN"

LCDOUT \$FE, \$94," "

LCDOUT \$FE, \$D4," "

GOTO INI

```
.*****  
;  
; Chequeo de los sensores  
.*****  
;
```

OTRO1:

COUNT PORTA.0, 100, S1

COUNT PORTA.1, 100, S2

COUNT PORTA.2, 100, S3

COUNT PORTA.3, 100, S4

COUNT PORTA.5, 100, S5

COUNT PORTE.0, 100, S6 S1=S1*10

S2=S2*10

S3=S3*10

S4=S4*10

S5=S5*10

S6=S6*10

```
.*****  
;  
; Presentación del estado de las zonas  
.*****  
;
```

LCDOUT \$FE, 1

LCDOUT \$FE, \$80,"ESTADO DE LAS ZONAS"

IF (S1 < S1A) THEN HIGH E1: EE1=1

LCDOUT \$FE, \$C0,"Z1 ON", DEC4 S1

ELSE

LCDOUT \$FE, \$C0,"Z1 OF", DEC4 S1 LOW E1: EE1=0

ENDIF

IF (S2 < S2A) THEN HIGH E2: EE2=1

LCDOUT \$FE, \$C9," Z2 ON", DEC4 S2 ELSE

LOW E2: EE2=0

LCDOUT \$FE, \$C9," Z2 OF", DEC4 S2 ENDIF

IF (S3 < S3A) THEN HIGH E3: EE3=1

LCDOUT \$FE, \$94,"Z3 ON", DEC4 S3 ELSE

LCDOUT \$FE, \$94,"Z3 OF", DEC4 S3 LOW E3: EE3=0

ENDIF

IF (S4 < S4A) THEN HIGH E4: EE4=1

LCDOUT \$FE, \$9D," Z4 ON", DEC4 S4 ELSE

LCDOUT \$FE, \$9D," Z4 OF", DEC4 S4 LOW E4 : EE4=0

ENDIF

IF (S5 < S5A) THEN

HIGH E5 : EE5=1

LCDOUT \$FE, \$D4,"Z5 ON", DEC4 S5 ELSE

LCDOUT \$FE, \$D4,"Z5 OF", DEC4 S5 LOW E5 :

EE5=0

ENDIF

IF (S6 < S6A) THEN HIGH E6:

EE6=1

LCDOUT \$FE, \$DD," Z6 ON", DEC4 S6 ELSE

LCDOUT \$FE, \$DD," Z6 OF", DEC4 S6 LOW E6:

EE6=0

ENDIF

IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN

HIGH BOMBA2

GOSUB MENSAJE_ON

ELSE

LOW BOMBA2

GOSUB MENSAJE_OFF

ENDIF

GOSUB TECLADO2 'se repite

GOSUB PTECLA

IF TECLA=0 THEN GOTO MANUAL

GOTO INI

```
.*****  
,  
; EJECUCION DE ENCENDIDO DE ZONAS DE MANERA MANUAL  
*****  
,
```

EJECUTA:

LCDOUT \$FE, \$80,"ESTADO DE LAS ZONAS" LCDOUT

\$FE, \$C0,"Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6"

IF EE1=1 THEN HIGH E1

READ 10, TIEMPO

LCDOUT \$FE, \$94, DEC2 TIEMPO LCDOUT \$FE, \$D4, DEC2 T1 ELSE

LOW E1

LCDOUT \$FE, \$94,"OF"

LCDOUT \$FE, \$D4,"00" ENDIF

IF EE2=1 THEN HIGH E2

READ 11, TIEMPO

LCDOUT \$FE, \$97, DEC2 TIEMPO LCDOUT \$FE, \$D7, DEC2 T2 ELSE

LOW E2

LCDOUT \$FE, \$97,"OF"

LCDOUT \$FE, \$D7,"00" ENDIF

IF EE3=1 THEN HIGH E3

READ 12, TIEMPO

LCDOUT \$FE, \$9A, DEC2 TIEMPO LCDOUT \$FE, \$DA, DEC2 T3 ELSE

LOW E3

LCDOUT \$FE, \$9A,"OF"

LCDOUT \$FE, \$DA,"00" ENDIF

IF EE4=1 THEN HIGH E4

READ 13, TIEMPO

LCDOUT \$FE, \$9D, DEC2 TIEMPO LCDOUT

\$FE, \$DD, DEC2 T4 ELSE

LOW E4

LCDOUT \$FE, \$9D,"OF"


```

LCDOUT $FE, $DD,"00" ENDIF

IF EE5=1 THEN HIGH E5
READ 14, TIEMPO
LCDOUT $FE, $A0, DEC2 TIEMPO LCDOUT
$FE, $E0, DEC2 T5 ELSE
LOW E5
LCDOUT $FE, $A0,"OF"
LCDOUT $FE, $E0,"00" ENDIF

IF EE6=1 THEN HIGH E6
READ 15, TIEMPO
LCDOUT $FE, $A3, DEC2 TIEMPO LCDOUT
$FE, $E3, DEC2 T6 ELSE
LOW E6
LCDOUT $FE, $A3,"OF"
LCDOUT $FE, $E3,"00" ENDIF

IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN

HIGH BOMBA2
GOSUB MENSAJE_ON
ELSE
LOW BOMBA2
GOSUB MENSAJE_OFF
ENDIF

PAUSE 1000

IF T1=60 THEN GOTO SALTO1
IF T1>0 THEN
T1=T1-1

```

```
ELSE
EE1=0
E1=0
ENDIF
SALTO1:
IF T2=60 THEN GOTO SALTO2
IF T2>0 THEN
T2=T2-1
ELSE
EE2=0
E2=0
ENDIF
SALTO2:
IF T3=60 THEN GOTO SALTO3
IF T3>0 THEN
T3=T3-1
ELSE
EE3=0
E3=0
ENDIF
SALTO3:
IF T4=60 THEN GOTO SALTO4
IF T4>0 THEN
T4=T4-1
ELSE
EE4=0
E4=0
```

ENDIF

SALTO4:

IF T5=60 THEN GOTO SALTO5

IF T5>0 THEN

T5=T5-1

ELSE

EE5=0

E5=0

ENDIF

SALTO5:

IF T6=60 THEN GOTO SALTO6

IF T6>0 THEN

T6=T6-1

ELSE

EE6=0

E6=0

ENDIF

SALTO6:

GOSUB TECLADO2

GOSUB TECLADO2

GOSUB PTECLA

IF TECLA=0 THEN

EE1=0: EE2=0: EE3=0: EE4=0: EE5=0: EE6=0 E1=0: E2=0: E3=0: E4=0:

E5=0: E6=0: BOMBA2=0 LCDOUT \$FE, 1

FOR X=1 TO 5

LCDOUT \$FE, \$80,"ZONAS APAGADAS" PAUSE 500

```

LCDOUT $FE, 1 PAUSE 500 NEXT
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"PULSE RESET PARA"
LCDOUT $FE, $C4,"REINICIAR" LAZO:
GOTO LAZO ENDIF

GOTO EJECUTA ;***** ;
Envío de mensajes al celular
;***** MENSAJE_ON:

IF ENVIO = 1 THEN SALIR serout2 tx, 84,
["AT", 10, 13] pause 2000

serout2tx, 84, ["at+cmgf=1", 10, 13] pause 2000

serout2tx, 84, ["at+cscs=", 34,"+59397995040", 34, 10, 13] pause 2000

serout2tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593982708514", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx,84,["BOMBA ON ",13,"Z1= ",DEC EE1," Z2= ",DEC EE2,13,"Z3= ",DEC
EE3," Z4= ",DEC EE4,13,"Z5= ",DEC EE5," Z6= ",DEC EE6,26,10,13]

PAUSE 1000

serout2tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593994690535", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx,84,["BOMBA ON ",13,"Z1= ",DEC EE1," Z2= ",DEC EE2,13,"Z3= ",DEC
EE3," Z4= ",DEC EE4,13,"Z5= ",DEC EE5," Z6= ",DEC EE6,26,10,13]

PAUSE 1000

ENVIO=1

SALIR:
RETURN

MENSAJE_OFF:

IF ENVIO = 0 THEN SALIR2

```

```

serout2tx, 84, ["AT", 10, 13]
pause 2000
serout2tx, 84, ["at+cmgf=1", 10, 13]
pause 2000
serout2tx, 84, ["at+cscs=", 34, "+59397995040", 34, 10, 13]
pause 2000
serout2tx, 84, ["at+cmgs=", 34, "+593982708514", 34, 10, 13]
pause 2000
serout2tx, 84, ["BOMBA OFF ", 26, 10, 13]
PAUSE 1000
serout2tx, 84, ["at+cmgs=", 34, "+593994690535", 34, 10, 13]
pause 2000
serout2tx, 84, ["BOMBA OFF ", 26, 10, 13]
PAUSE 1000
ENVIO=0

SALIR2:

RETURN

.***** ; Selección de
,
configuración de Tiempo o Humedad
,
.*****

MANUAL: LCDOUT $FE, 1 MANU:

LCDOUT $FE, $80, "ESTADO MANUAL" LCDOUT $FE,
$C0, "INGRESE ZONA ACTIVAR" GOSUB TECLADO

IF TECLA = 1 THEN TOGGLE E1
TOGGLE EE1 ENDIF

IF TECLA = 2 THEN TOGGLE E2
TOGGLE EE2 ENDIF

```

```

IF TECLA = 3 THEN TOGGLE E3
TOGGLE EE3 ENDIF

IF TECLA = 4 THEN TOGGLE E4
TOGGLE EE4 ENDIF


IF TECLA = 5 THEN TOGGLE E5
TOGGLE EE5

ENDIF

IF TECLA = 6 THEN TOGGLE E6
TOGGLE EE6 ENDIF

IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN HIGH
BOMBA2
ELSE
LOW BOMBA2 ENDIF
PAUSE 300
GOSUB TECLADO2
GOSUB TECLADO2 GOSUB
PTECLA
IF TECLA=0 THEN GOTO INI GOTO MANU
Configura:
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"MENU D CONFIGURACION" LCDOUT
$FE, $C0,"1) ESTADO MANUAL" LCDOUT $FE, $94,"2) CONF
% HUMEDAD" LCDOUT $FE, $D4,"# PARA REGRESAR"
PAUSE 200
GOSUB TECLADO GOSUB

```

PTECLA SELECT CASE TECLA

CASE 1

GOTO Sel_manual ; CONFTIEMPO

CASE 2

GOTO CONFHUMEDAD

CASE 15

GOTO IN CASE

ELSE

GOTO CONFIGURA END

SELECT Sel_manual:

LCDOUT \$FE, 1

LCDOUT \$FE, \$80,"CONFIGURACION MANUAL"

LCDOUT \$FE, \$C0,"1) SIN TIEMPO"

LCDOUT \$FE, \$94,"2) CON TIEMPO"

PAUSE 200

SEL2:

GOSUB TECLADO GOSUB

PTECLA SELECT CASE

TECLA CASE 1

GOTO manual

CASE 2

GOTO CONFTIEMPO

CASE ELSE

GOTO SEL2

END SELECT

.*****.
; Configuración de tiempo
.*****
,

CONFTIEMPO:

LCDOUT \$FE, \$80,"ELIJA ZONA A REGAR "

LCDOUT \$FE, \$C0,"1, 2, 3, 4, 5, 6 "

LCDOUT \$FE, \$94, DEC EE1," ", DEC EE2," ", DEC EE3," ", DEC EE4," ", DEC

EE5," ", DEC EE6," "

LCDOUT \$FE, \$D4,"# PARA EJECUTAR" PAUSE 200

GOSUB TECLADO GOSUB PTECLA SELECT CASE TECLA

CASE 1

ZONA=1

ZONAT=10 TOGGLE EE1 IF EE1=1 THEN

GOSUB INGRESO_TIEMPO ENDIF

READ 10, TIEMPO T1= TIEMPO CASE 2

ZONA=2

ZONAT=11 TOGGLE EE2 IF EE2=1 THEN

GOSUB INGRESO_TIEMPO ENDIF

READ 11, TIEMPO T2= TIEMPO CASE 3

ZONA=3

ZONAT=12 TOGGLE EE3 IF EE3=1 THEN

GOSUB INGRESO_TIEMPO

ENDIF

READ 12, TIEMPO

T3= TIEMPO

CASE 4

ZONA=4

ZONAT=13


```

TOGGLE EE4
IF EE4=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
READ 13, TIEMPO
T4= TIEMPO
CASE 5
ZONA=5
ZONAT=14
TOGGLE EE5
IF EE5=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
READ 14, TIEMPO
T5= TIEMPO
CASE 6
ZONA=6
ZONAT=15
TOGGLE EE6
IF EE1=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF

READ 15, TIEMPO T6= TIEMPO CASE 15 LCDOUT
$FE, 1 GOTO EJECUTA END SELECT
GOTO CONFTIEMPO

```

```

*****
;
; Rutina para el ingreso de los tiempos
*****

```

INGRESO_TIEMPO: LCDOUT \$FE, 1

LCDOUT \$FE, \$80,"INGR TIEMPO DE RIEGO" LCDOUT \$FE, \$C0,"01 MIN -- 59 MAX"

LCDOUT \$FE, \$94,"ZONA ", DEC ZONA, " ==>"

GOSUB TECLADO GOSUB PTECLA

IF TECLA = 15 THEN TIEMPO = 60

WRITE ZONAT, TIEMPO RETURN

ENDIF

LCDOUT \$FE, \$9F, DEC TECLA TIEMPO = TECLA*10

GOSUB TECLADO GOSUB PTECLA

LCDOUT \$FE, \$A0, DEC TECLA TIEMPO = TIEMPO + TECLA

IF TIEMPO > 60 THEN

 LCDOUT \$FE, \$D4,"TIEMPO NO VALIDO"

 PAUSE 1000

 GOTO INGRESO_TIEMPO ELSE

 WRITE ZONAT, TIEMPO PAUSE 500

ENDIF RETURN

```

*****
;
; Configuración de Humedad
*****

```

CONFHUMEDAD:

LCDOUT \$FE, \$80,"MENU HUMEDAD" LCDOUT \$FE,

\$C0,"ELIJA ZONA A REGAR"

LCDOUT \$FE, \$94,"1, 2, 3, 4, 5, 6 " LCDOUT \$FE, \$D4,"#

PARA REGRESAR" PAUSE 200

```

GOSUB TECLADO GOSUB PTECLA
SELECT CASE TECLA CASE 1
ZONA=1
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 1, HUMEDAD
S1A=HUMEDAD *3
CASE 2
ZONA=2
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 2, HUMEDAD
S2A= HUMEDAD *3
CASE 3
ZONA=3
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 3, HUMEDAD
S3A= HUMEDAD *3 CASE 4
ZONA=4
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 4, HUMEDAD
S4A= HUMEDAD *3 CASE 5
ZONA=5
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 5, HUMEDAD
S5A= HUMEDAD *3 CASE 6
ZONA=6
GOSUB INGRESO_HUMEDAD READ 6, HUMEDAD
S6A= HUMEDAD *3 CASE 15
GOTO CONFIGURA END SELECT GOTO CONFIGURA

;***** ; Rutina para el ingreso del % de
Humedad ;*****
INGRESO_HUMEDAD: LCDOUT $FE, 1

```

LCDOUT \$FE, \$80, "INGRESE % DE RIEGO"

LCDOUT \$FE, \$C0, "01 MIN -- 99 MAX"

READ ZONA, HUMEDAD

LCDOUT \$FE, \$94, "ZONA DEFAULT ", DEC2 HUMEDAD, "%" LCDOUT
\$FE, \$D4, "ZONA ", DEC ZONA, " ==>"

GOSUB TECLADO GOSUB

PTECLA

IF TECLA = 15 THEN RETURN

LCDOUT \$FE, \$DF, DEC TECLA HUMEDAD

= TECLA*10 GOSUB TECLADO

GOSUB PTECLA

LCDOUT \$FE, \$E0, DEC TECLA HUMEDAD =

HUMEDAD + TECLA WRITE ZONA,

HUMEDAD RETURN

.*****
;
; Rutina1 para el ingreso por el Teclado
.*****

TECLADO:

TECLA=20

HIGH A: HIGH B: HIGH C: HIGH D

LOW A ; sensar la fila A continúa....

IF UNO = 0 THEN TECLA =1: RETURN ; teclaretornacargada con 1

IF DOS = 0 THEN TECLA =2: RETURN ; teclaretornacargada con 2

IF TRES = 0 THEN TECLA =3: RETURN; tecla retorna cargada con 3

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =10: RETURN; tecla retorna cargada con 10

HIGH A

LOW B ; sensar la fila B

IF UNO = 0 THEN TECLA =4: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =5: RETURN
IF TRES = 0 THEN TECLA =6: RETURN
IF CUATRO = 0 THEN TECLA =11: RETURN

HIGH B

LOW C ; sensar la fila C

IF UNO = 0 THEN TECLA =7: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =8: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =9: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =12: RETURN

HIGH C

LOW D ; sensar la fila D

IF UNO = 0 THEN TECLA =14: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =0: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =15: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =13: RETURN

HIGH D

PAUSE 10

GOTO TECLADO

Programa de anti rebote de teclas

,*****

PTECLA:

HIGH A: HIGH B: HIGH C: HIGH D

PAUSE 200

ESPACIO: ; programa de anti rebote de teclas

IF UNO = 0 THEN ESPACIO ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio

IF DOS = 0 THEN ESPACIO ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio

IF TRES = 0 THEN ESPACIO ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio

IF CUATRO = 0 THEN ESPACIO; si la tecla sigue pulsada ir a espacio PAUSE 25

Return

.***** ;
Rutina2 para el ingreso por el Teclado

TECLADO2:

LOW A: HIGH B: HIGH C: HIGH D ; sensar la fila A continúa....

IF UNO = 0 THEN TECLA =1: RETURN; tecla retorna cargada con 1 IF DOS

= 0 THEN TECLA =2: RETURN; tecla retorna cargada con 2

IF TRES = 0 THEN TECLA =3: RETURN; tecla retorna cargada con 3

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =10: RETURN; tecla retorna cargada con 10 HIGH
A

LOW B ; sensar la fila B

IF UNO = 0 THEN TECLA =4: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =5: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =6: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =11: RETURN

HIGH B

LOW C ; sensar la fila C

IF UNO = 0 THEN TECLA =7: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =8: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =9: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =12: RETURN

HIGH C

LOW D ; sensar la fila D

IF UNO = 0 THEN TECLA = 14: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =0: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =15: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =13: RETURN

HIGH D

PAUSE 10

TECLA=20

MÉTODOS DE MEDIR LA HUMEDAD DEL SUELO

La mayoría de métodos consisten en medir algunas propiedades del suelo, que se alteran con cambios en el contenido de humedad. De esta forma proporcionan ayuda en la determinación de la disponibilidad del agua a las plantas.

Se aprovecha su Apariencia Visual y Táctil del Suelo.

Este método es uno de los más antiguos usados para estimar el contenido de humedad del suelo, y aun hoy en día es utilizado.

Consiste en la inspección visual y táctil de la muestra de suelo.

Frecuentemente es usado cuando no se cuenta con equipo de mayor precisión o se requiere bastante experiencia para estimar con cierto grado de precisión el agua disponible en el suelo.

Mediante el empleo de una barrena se extrae una muestra de suelo de la zona radicular a la profundidad del suelo deseada. Hace un reconocimiento visual y táctil de la muestra.

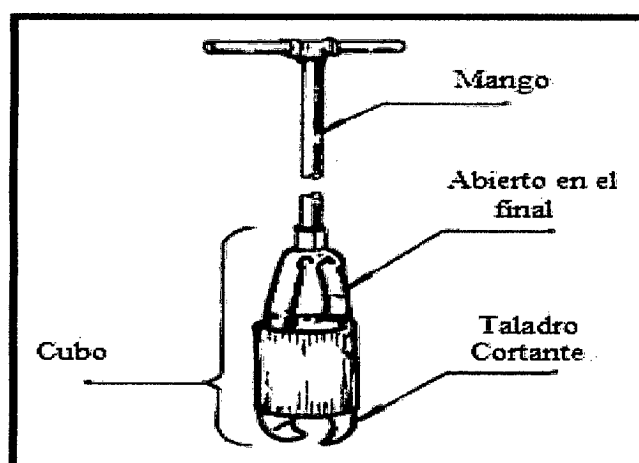


FIGURA N° 39: DIAGRAMA DE LA BARRERA COMÚNMENTE UTILIZADA PARA TOMAR MUESTRAS DE SUELO

FUENTE: CHUQUIMARCA, Implementación de un Telemando para Mejorar la Seguridad de un Vehículo Vía SMS, 2011, p. 22.

VENTAJAS

- Es un método sencillo y práctico.
- No se requiere el uso de herramientas costosas ni de equipos sofisticados.
- Proporciona una estimación rápida sobre el agua disponible a las plantas.

DESVENTAJAS

- No es un método exacto para determinar con precisión el contenido de agua en el suelo.
- Es un método individual, por lo que puede haber diferentes respuestas por diferentes personas que examinan el suelo bajo las mismas circunstancias.
- Se requiere mudar el suelo donde está creciendo el cultivo para obtener las muestras.

GRAVIMÉTRICO

- Consiste en la determinación del contenido de agua de una muestra de suelo mediante su desecación al horno.
- Este método requiere el uso de ciertos equipos de laboratorio que sean precisos para obtener un buen valor.
- También se requiere de cierta destreza por parte del operador para realizar un procedimiento confiable.

PROCEDIMIENTO

- Mediante el uso de una barrena se extrae una muestra de suelo de la zona radicular a la profundidad del suelo requerido.
- Si desea aumentar la precisión, es preciso tomar varias muestras distribuidas al azar en el área bajo estudio.
- De ser muy grande (pesada) la muestra se toma 100 a 200 gramos para la determinación, se identifican individualmente y se determina su peso húmedo.

Contenido gravimétrico agua (%) = [(peso del suelo húmedo – peso del suelo seco)/ peso del suelo seco] x 100

FUENTE: Mompín, J. “Transductores y medidores electrónicos”, 2 edición, Marcombo, España, 1983.

VENTAJAS

Es un método preciso de encontrar la humedad del suelo si el mismo se lleva a cabo con cierto grado de destreza y cuidado.

DESVENTAJAS

Se requiere equipo y cierto grado de precisión para obtener unos valores confiables.

Requiere un lapso de tiempo de alrededor de 24 horas para llevar a cabo el procedimiento.

La determinación en suelos ricos en materia orgánica puede introducir si se oxida y destruye la misma. Esto debido a que la pérdida en peso debido a la materia orgánica destruida se está considerando como agua evaporada.

La densidad aparente es el peso del suelo seco por unidad de volumen de suelo. Esta propiedad está relacionada con la porosidad (espacio poroso) y la compactación; y se utiliza para calcular el contenido volumétrico de agua del contenido gravimétrico de agua. Generalmente este parámetro se expresa en gramos por centímetro cúbico de suelo:

Densidad aparente = Peso de suelo seco / Volumen de suelo

FUENTE: Mompín, J. “Transductores y medidores electrónicos”, 2 edición, Marcombo, España, 1983.

El contenido volumétrico de agua del suelo: Es comúnmente utilizado para expresar el contenido de agua en el suelo. Éste se obtiene al multiplicar la densidad aparente del suelo por el contenido gravimétrico de agua.

**Cont. Volumétrico agua (%) = (Densidad aparente del suelo / Densidad del agua) X
Contenido gravimétrico del agua (%)**

FUENTE: Mompín, J. “Transductores y medidores electrónicos”, 2 edición, Marcombo, España, 1983.

TENSIÓMETROS:

Un instrumento que indica la tensión con que el agua está adherida a las partículas del suelo.

Es uno de los métodos usados para indicar, en forma relativa, si en el suelo existe suficiente humedad disponible para el crecimiento de las plantas.

PROCEDIMIENTO

Una vez instalado, el agua dentro del instrumento entra en contacto con el agua retenida en los poros del suelo, fluyendo en ambas direcciones a través de la cerámica porosa hasta establecer un equilibrio.

Según el suelo pierde agua por efecto de la transpiración, evaporación o absorción por las plantas se crea una tensión o succión en el sistema aumentando progresivamente según el suelo continúa perdiendo humedad.

VENTAJAS

Es un buen preceptor bastante preciso para determinar cuándo aplicar el agua de riego. Los tensiómetros deben usarse para determinar el movimiento vertical y horizontal de la humedad del suelo. Esto es obligatorio saberlo cuando hay problemas de acumulación de sales.

DESVENTAJAS

El tensiómetro es un instrumento delicado por lo cual debe ser protegido de daños mecánicos que pueden causarlo los implementos agrícolas.

Generalmente se colocan en un sitio fijo del campo y no puede moverse de un lugar a otro durante el periodo de crecimiento del cultivo.

MÉTODO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

Este método consiste en la estimación del contenido de humedad del suelo empleando para ello las propiedades eléctricas de resistencia (o conductancia) de un bloque poroso en el suelo.

PROCEDIMIENTO

Se escoge un área representativa del campo.

Mediante el uso de una barrena de muestreo se perfora un edificio en el suelo en la zona radicular del cultivo con la profundidad deseada.

Luego se coloca en el interior del hueso un bloque poroso de yeso que contenga incrustados dos o más electrodos debe asegurarse un contacto adecuado entre el suelo y los bloques porosos para tener una sensibilidad adecuada.

Para ello se prepara una pasta de suelo y agua y se llena el orificio en el suelo.

Los cables o terminales de los electrodos deben dirigirse hacia la superficie del terreno.

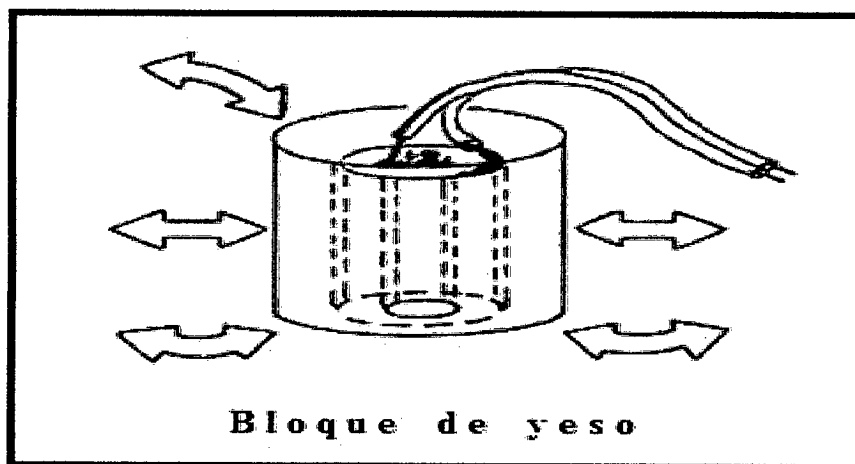


FIGURA N° 40: PREPARACIÓN DE LOS BLOQUES DE YESO FUENTE: RIVERA, Luis y otros, La Ciencia del Suelo, 2007. Páginas 107-124

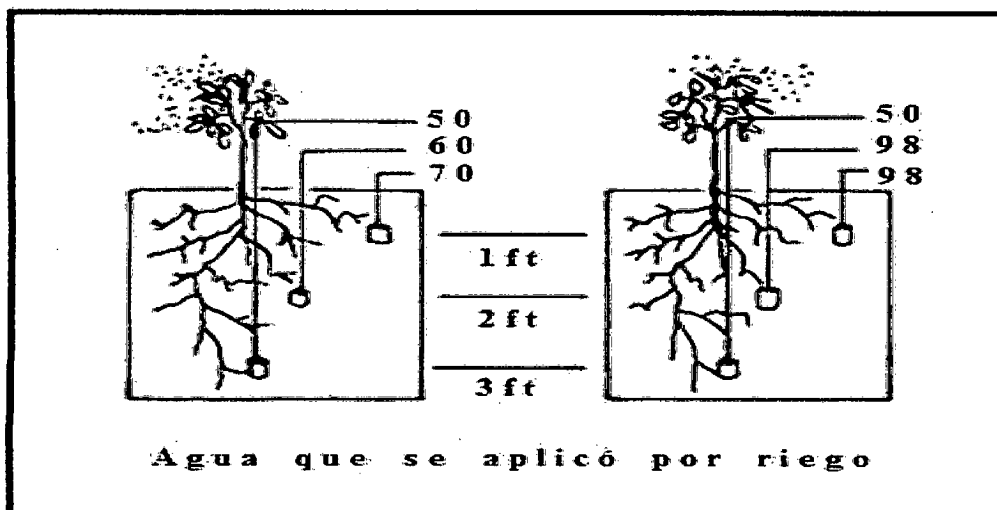


FIGURA N° 41: BLOQUES DE YESO COLOCADOS EN EL SUELO FUENTE:
RIVERA, Luis y otros, La Ciencia del Suelo, 2007. Páginas 124

VENTAJAS

- Este método suministra ayuda para estimar el contenido de agua del suelo.
- Este instrumento es apropiado para calcular cambios en la tensión de humedad del suelo entre 1 y 15 atm.

DESVENTAJAS

- La vida útil del bloque es limitada.
- La calibración original del bloque cambia con el tiempo.
- Los bloques de yeso son usualmente inefectivos cuando la tensión del suelo es menor de 1 atmósfera. Las sales solubles en la solución del suelo reducen la resistencia eléctrica e indican un contenido de humedad mayor del que realmente existe, lo cual dificulta la calibración del instrumento.
- La falta de uniformidad del cubo de yeso causa errores desmedidos en la medición.

- La precisión de este método es reducido debido a la temperatura, concentración de sales en la solución del suelo, características físicas del yeso usado para producir el bloque y la fuga de corriente hacia el suelo.

OTROS MÉTODOS

- Absorción de rayos gamma.
- Propiedades termales del suelo sobre el contenido de humedad existente en el mismo.
- Uso de ondas ultrasónicas.
- Ondas de radar.
- Las propiedades dialécticas.